



# **UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

## **FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y REDES DE COMUNICACIÓN**

**TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERA EN ELECTRÓNICA Y REDES DE COMUNICACIÓN**

**TEMA:**

**DISEÑO DE UNA RED DE ACCESO FTTH UTILIZANDO TECNOLOGÍA GPON  
EN EL SECTOR CENTRO DE LA CIUDAD DE TULCÁN PARA LA EMPRESA  
CINE CABLE TV**

**AUTOR: KATHERINE JANETH BENAVIDES CHAMORRO**

**DIRECTOR: Ing. ROBERTO MARCILLO.**

**Ibarra - Ecuador**

**2016**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE  
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**

**CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR**

Certifico que bajo mi dirección el trabajo de grado: **“DISEÑO DE UNA RED DE ACCESO FTTH UTILIZANDO TECNOLOGÍA GPON EN EL SECTOR CENTRO DE LA CIUDAD DE TULCÁN PARA LA EMPRESA CINE CABLE TV”**, fue desarrollado en su totalidad por la señorita Benavides Chamorro Katherine Janeth, previo a la obtención del título de Ingeniera en Electrónica y Redes de Comunicación.

Certifico que ha sido dirigido en todas sus partes, cumpliendo con todas las disposiciones emitidas por la Universidad Técnica del Norte en lo referente a la elaboración del trabajo de grado.

Por lo expuesto:

Autorizo su presentación ante los organismos competentes para sustentación del mismo.

Ibarra, a los 19 días del mes de Octubre de 2016

Ing. Roberto Marcillo.

**DIRECTOR DE TESIS**



## UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

### AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

#### 1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
<b>CÉDULA DE IDENTIDAD:</b>	1003098215		
<b>APELLIDOS Y NOMBRES:</b>	Benavides Chamorro Katherine Janeth		
<b>DIRECCIÓN:</b>	La Aduana - Priorato		
<b>EMAIL:</b>	kjbenavidesc@utn.edu.ec		
<b>TELÉFONO FIJO:</b>		<b>TELÉFONO MÓVIL:</b>	0987846542

DATOS DE LA OBRA	
<b>TÍTULO:</b>	DISEÑO DE UNA RED DE ACCESO FTTH UTILIZANDO TECNOLOGÍA GPON EN EL SECTOR CENTRO DE LA CIUDAD DE TULCÁN PARA LA EMPRESA CINE CABLE TV
<b>AUTOR (ES):</b>	Benavides Chamorro Katherine Janeth
<b>FECHA: AAAAMMDD</b>	2016/10/19
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
<b>PROGRAMA:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> <b>PREGRADO</b> <input type="checkbox"/> <b>POSGRADO</b>
<b>TÍTULO POR EL QUE OPTA:</b>	Ingeniera en Electrónica y Redes de Comunicación
<b>ASESOR /DIRECTOR:</b>	Ing. Roberto Marcillo

#### 2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, Katherine Janeth Benavides Chamorro, con cédula de identidad Nro. 1003098215, en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.

### 3. CONSTANCIAS

Yo, Benavides Chamorro Katherine Janeth, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado, ni calificación profesional; y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de a presente declaración cedo los derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Universidad Técnica del Norte, según lo establecido por la ley de Propiedad intelectual, por su reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Ibarra, a los 19 días del mes de Octubre de 2016

**EL AUTOR:**



Benavides Chamorro Katherine Janeth  
C.C.: 1003098215



## UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

### CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Yo, Benavides Chamorro Katherine Janeth, con cédula de identidad Nro. 1003098215, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autora de la obra o trabajo de grado denominado: **“DISEÑO DE UNA RED DE ACCESO FTTH UTILIZANDO TECNOLOGÍA GPON EN EL SECTOR CENTRO DE LA CIUDAD DE TULCÁN PARA LA EMPRESA CINE CABLE TV”**, que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniera en Electrónica y Redes de Comunicación en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi condición de autora me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Ibarra, a los 19 días del mes de Octubre de 2016

.....  
Benavides Chamorro Katherine Janeth

C.C.: 1003098215



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE  
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

DEDICATORIA

*El presente Trabajo de Grado está dedicado a mi Padre, Segundo Benavides, quien me ha brindado su apoyo y comprensión incondicionalmente, y ha confiado en mí siempre*

*A mi hermana Maura Benavides, quien desde que falleció mi madre ha sido como una segunda madre, apoyándome en todo momento, sin ella no hubiese sido posible la culminación de mi carrera.*



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE  
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

AGRADECIMIENTO

*Agradezco infinitamente a mi padre y mi hermana por la comprensión, el apoyo y la confianza incondicional, gracias a ellos pude cumplir mi meta.*

*Gracias a mis compañeros quienes me han apoyado en el transcurso de mi carrera, en especial a Cinthya Tocagón, quien es una gran persona y amiga.*

*Gracias a mi novio Antonio Guerrero quien ha estado siempre en los momentos más difíciles y me ha brindado su apoyo incondicional en el desarrollo de toda mi carrera, eres muy importante para mí, de corazón gracias.*

*Agradezco a la empresa CINE CABLE TV que me abrió las puertas para la realización del presente Trabajo de Grado, en especial al Ing. Marco Rosero quien me brindó su ayuda en todo momento.*

## **RESUMEN**

El presente Trabajo de Grado tiene como finalidad el diseño de una red de acceso FTTH utilizando tecnología GPON, en el sector centro de la ciudad de Tulcán, que permitirá brindar servicios convergentes de audio y video por suscripción (televisión por cable) e Internet, a la empresa CINE CABLE TV. Para ello se realizará una investigación de la tecnología FTTH donde se conocerán sus características, se realizará un estudio teórico de la tecnología GPON, analizando su arquitectura y funcionamiento lo que permitirá el desarrollo del diseño en base a sus componentes.

Actualmente la empresa brinda el servicio de audio y video por suscripción e Internet mediante la tecnología HFC, sin embargo, la calidad en la prestación de sus servicios se ve afectada por la saturación de los enlaces y por ende las bajas velocidades de transmisión, es por ello que se hace necesario el diseño de este proyecto que le permitirá a la empresa la migración a dicha tecnología.

CINE CABLE TV cuenta con infraestructura de red troncal ya instalada, por lo que se realizará el diseño de la red tomando en cuenta el diseño de la red actual de la empresa. Se diseñará la red de acceso FTTH – GPON que comprenderá la interconexión desde la OLT y el equipo EDFA con WDM, hacia las ONT o los usuarios finales. Se realizará el levantamiento de planos, además del presupuesto de enlace óptico para determinar la atenuación que existirá en cada enlace de la red. Posteriormente se realizará un análisis económico para determinar si el proyecto es factible y rentable mediante la relación costo beneficio.

## SUMMARY

The objective of this degree work is to design an FTTH access network, using GPON technology in downtown Tulcán city, so CINECABLE TV Company will provide converged audio and video subscription (cable TV) and Internet services. A research of FTTH technology will be done, where its characteristics will be known, a theoretical study of GPON technology will be made by analyzing its architecture and operation, allowing the development of the design based on their components. At the present time, this company offers audio and video subscription and Internet services by means of HFC technology. However, the quality to provide its services is affected by the network saturation and hence low transmission speed, it is why the design of this project will allow the company to migrate to such necessary technology. CINECABLE TV has its backbone infrastructure, which has already been installed, so the network design will be made taking into account the existing network of the company. The FTTH-GPON access network will be designed, which will include the interconnection from the OLT EDFA and WDM equipment to ONT or end users. The mapping will be done, besides the optical link budget to determine the attenuation that there will be in each link of network. Subsequently, an economic analysis will be conducted to determine whether the project is feasible and profitable through cost-benefit relation.

Keywords: access-network, technology, transmission, feasible and profitable



# ÍNDICE GENERAL

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE.....	III
CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE .....	V
DEDICATORIA .....	VI
AGRADECIMIENTO .....	VII
RESUMEN .....	VIII
SSUMMARY .....	IX
CAPÍTULO I .....	1
ANTECEDENTES Y SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA CINE CABLE TV .....	1
1.1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.2 ANTECEDENTES.....	1
1.2.1 SERVICIOS QUE OFRECE LA EMPRESA CINE CABLE TV.....	3
1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	7
1.4 OBJETIVOS.....	9
1.4.1 OBJETIVO GENERAL .....	9
1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	9
1.5 ALCANCE .....	10
1.6 JUSTIFICACIÓN .....	13
CAPÍTULO II .....	15
FUNDAMENTOS TEÓRICOS .....	15
2.1 INTRODUCCIÓN.....	15
2.2 TECNOLOGÍAS DE ACCESO .....	15
✓ Banda Ancha .....	16
✓ última milla .....	17
2.2.1 REDES HÍBRIDAS DE FIBRA Y CABLE (HFC) .....	17
2.2.1.1 Arquitectura de una red de acceso HFC.....	19
2.2.1.1.1 Cabecera .....	19
2.2.1.1.2 Red Troncal.....	20
2.2.1.1.3 Red de distribución.....	20
2.2.1.1.4 Red de Abonado o Acometida .....	21
2.2.1.2 Funcionamiento de una red HFC.....	22
2.2.1.3 CARACTERÍSTICAS DE LAS REDES DE ACCESO HFC .....	23
2.2.2 RED DE ACCESO DSL (Digital Subscriber Line).....	25
2.2.2.1 Tipos de xDSL .....	27

2.2.2.1.1	RDSI o IDSL (Red Digital de servicios integrados).....	27
2.2.2.1.2	HDSL (High Speed Digital Subscriber Line).....	28
2.2.2.1.3	SDSL (Symmetric Digital Subscriber Line) .....	29
2.2.2.1.4	ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line).....	29
2.2.2.1.5	VDSL Very high speed Digital Subscriber Line.....	33
2.2.2.2	COMPARACIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS DE ACCESO xDSL.....	34
2.2.3	<i>Redes de acceso FTTx</i> .....	35
2.2.3.1	FTTN: Fibra hasta el nodo. ....	36
2.2.3.2	FTTC: Fibra hasta la acera. ....	37
2.2.3.3	FTTB: Fibra hasta el edificio. ....	37
2.2.3.4	FTTH: Fibra hasta el hogar. ....	37
2.3	REDES ÓPTICAS PASIVAS (PON).....	39
2.3.1	<i>TIPOS DE PON</i> .....	40
2.3.1.1	APON.....	40
2.3.1.2	BPON.....	41
2.3.1.3	EPON.....	41
2.3.1.4	GPON .....	42
2.3.1.4.1	ITU-T G-984.1.....	42
2.3.1.4.2	ITU-T G-984.2.....	43
2.3.1.4.3	ITU-T G-984.3.....	43
2.3.1.4.4	ITU-T G-984.4.....	43
2.3.2	<i>COMPARACIÓN ENTRE LAS TECNOLOGÍAS PON</i> .....	44
2.3.3	<i>VENTAJAS DE LAS REDES PON</i> .....	45
2.4	GIGABIT PASSIVE OPTICAL NETWORK – GPON .....	46
2.4.1	<i>ARQUITECTURA GPON</i> .....	48
2.4.1.1	OLT (Terminal de Línea Óptico) .....	49
2.4.1.2	ODN (Distribución de Red Óptica) .....	49
2.4.1.2.1	Elementos que conforman la ODN .....	49
2.4.1.3	ONT (Terminal de Red Óptica) / ONU (Unidad de Red Óptica) .....	55
2.4.2	<i>GEM (GPON Encapsulation Mode)</i> .....	56
2.4.3	<i>VIDEO TV SOBRE GPON</i> .....	58
2.5	FIBRA ÓPTICA.....	60
2.5.1	<i>TIPOS DE FIBRA ÓPTICA</i> .....	62
2.5.1.1	Fibra Óptica Monomodo.....	63
2.5.1.2	Fibra Óptica Multimodo.....	64
2.5.1.2.1	Fibra Óptica Multimodo de Índice Escalonado .....	64
2.5.1.2.2	Fibra Óptica Multimodo de Índice Gradual .....	65

2.5.2	<i>VENTANAS DE TRANSMISIÓN</i> .....	66
2.5.3	<i>PARÁMETROS DE LA FIBRA ÓPTICA</i> .....	67
2.5.3.1	Parámetros Estructurales.....	67
2.5.3.1.1	Perfil de índice de refracción.....	68
2.5.3.1.2	Diámetro del campo modal.....	68
2.5.3.1.3	Apertura numérica.....	69
2.5.3.1.4	Dimensiones del núcleo y revestimiento.....	69
2.5.3.1.5	Longitud de onda de corte.....	69
2.5.3.2	Parámetros de Transmisión.....	69
2.5.3.2.1	Atenuación.....	69
2.5.3.2.2	Dispersión.....	76
2.5.4	<i>VENTAJAS DE LA FIBRA ÓPTICA FRENTE AL CABLE DE COBRE</i> .....	78
2.5.5	<i>DESVENTAJAS DE LA FIBRA ÓPTICA</i> .....	80
<b>CAPÍTULO III</b> .....		<b>81</b>
<b>DISEÑO TÉCNICO</b> .....		<b>81</b>
3.1	INTRODUCCIÓN.....	81
3.2	SECTOR EN EL QUE SE BRINDARÁ EL SERVICIO.....	81
3.3	DEMANDA DE USUARIOS.....	83
3.4	TIPO DE INSTALACIÓN PARA EL TENDIDO DEL CABLE DE FIBRA ÓPTICA.....	86
3.4.1	<i>INSTALACIÓN AÉREA</i> .....	86
3.4.2	<i>INSTALACIÓN SUBTERRÁNEA</i> .....	87
3.4.2.1	Red Canalizada.....	87
3.4.2.2	Red directamente enterrada.....	87
3.5	ANCHO DE BANDA REQUERIDO.....	88
3.6	COMPONENTES DE LA RED.....	91
3.6.1	<i>Selección del tipo de cable de fibra óptica</i> .....	92
2.5.2	<i>Transmisor RF</i> .....	93
2.5.3	<i>EDFA</i> .....	95
2.5.4	<i>WDM</i> .....	95
2.5.5	<i>SELECCIÓN DEL OLT</i> .....	96
2.5.6	<i>SELECCIÓN Y UBICACIÓN DE LOS SPLITTERS</i> .....	98
2.5.7	<i>SELECCIÓN DEL ONT</i> .....	100
3.7	DISEÑO DE LA RED DE ACCESO FTTH.....	101
3.7.1	<i>RED ACTUAL DE CINE CABLE TV</i> .....	101
3.7.2	<i>DISEÑO DE LA RED PROPUESTO</i> .....	102
3.8	CÁLCULO DEL ENLACE.....	110

<b>CAPÍTULO IV .....</b>	<b>120</b>
<b>ANÁLISIS ECONÓMICO .....</b>	<b>120</b>
5.1 INTRODUCCIÓN.....	120
5.2 SERVICIO DE AUDIO Y VIDEO POR SUSCRIPCIÓN EN ECUADOR.....	120
5.2.1 <i>CRECIMIENTO Y PENETRACIÓN DEL SERVICIO DE AUDIO Y VIDEO POR SUSCRIPCIÓN</i> 121	
5.3 SERVICIO DE INTERNET EN ECUADOR .....	122
5.4 COSTOS DE INVERSIÓN.....	124
5.4.1 <i>COSTOS DE INFRAESTRUCTURA DE LA RED DE ACCESO FTTH .....</i>	<i>124</i>
• COSTO EQUIPOS NODO CENTRAL .....	125
• COSTO DEL ENLACE DE CADA ZONA .....	126
○ COSTO DEL ENLACE ZONA 1.....	126
○ COSTO DEL ENLACE ZONA 2.....	126
○ COSTO DEL ENLACE ZONA 3.....	127
○ COSTO DEL ENLACE ZONA 4.....	127
• COSTO TOTAL DE LA RED .....	128
• COSTO TOTAL DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN .....	128
• COSTO ACOMETIDA .....	128
5.4.2 <i>COSTO DE MANO DE OBRA .....</i>	<i>129</i>
5.4.3 <i>COSTO TOTAL DE INVERSIÓN .....</i>	<i>129</i>
5.5 FINANCIAMIENTO .....	129
5.6 ESTUDIO FINANCIERO .....	132
5.6.1 <i>FLUJO DE CAJA.....</i>	<i>132</i>
5.7 VALOR ACTUAL NETO.....	136
5.8 TASA INTERNA DE RETORNO .....	137
5.9 PERIODO DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN.....	139
5.10 RELACIÓN COSTO BENEFICIO .....	140
<b>CAPÍTULO V .....</b>	<b>142</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>142</b>
5.1 INTRODUCCIÓN.....	142
5.2 CONCLUSIONES.....	142
5.3 RECOMENDACIONES.....	145
5.4 BIBLIOGRAFÍA.....	146
<b>ANEXOS.....</b>	<b>149</b>
ANEXO A .....	150
DATASHEET OLT .....	150

ANEXO B.....	153
DATASHEET TRANSMISOR RF 1550 NM .....	153
ANEXO C.....	156
DATASHEET EDFA – WDM.....	156
ANEXO D .....	159
DATASHEET ONT .....	159
ANEXO E.....	162
PLANO RED ACTUAL EMPRESA CINE CABLE TV .....	162
ANEXO F.....	163
PLANO DISEÑO DE LA RED.....	163

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Sucursales de la empresa CINE CABLE TV en Ecuador.....	2
Figura 2. Servicios que ofrece la empresa CINE CABLE TV. ....	3
Figura 3. Canales de televisión por cable que ofrece la empresa. ....	4
Figura 4. Diagrama de una red HFC. ....	18
Figura 5. Funcionamiento de una red HFC. ....	22
Figura 6. Diagrama general de una red de acceso DSL. ....	26
Figura 7. Topología básica de una RDSI. ....	27
Figura 8. Diagrama de una red ADSL. ....	30
Figura 9. Componentes de una red ADSL. ....	31
Figura 10. Componentes de una red VDSL.....	34
Figura 11. Redes de acceso FTTx. ....	36
Figura 12. Estructura básica de una red óptica pasiva.....	40
Figura 13. Arquitectura GPON .....	48
Figura 14. ODF (Distribuidor de Fibras Ópticas) .....	50
Figura 15. Tipos de conectores ópticos.....	51
Figura 16. Patchcord.....	51
Figura 17. Cierre de empalme.....	53
Figura 18. Formato de la trama GEM.....	57
Figura 19. Arquitectura de red FTTH GPON para servicio de Televisión por radio frecuencia e IPTV.....	58
Figura 20. Estructura de la fibra óptica.....	61
Figura 21. Fibra óptica monomodo.....	63
Figura 22. Fibra óptica multimodo de índice escalonado. ....	65
Figura 23. Fibra óptica multimodo de índice gradual.....	66

Figura 24. Atenuación de la fibra óptica. ....	70
Figura 25. Pérdidas por macro-curvaturas en una fibra óptica.....	71
Figura 26. Pérdidas por micro-curvatura en una fibra óptica.....	72
Figura 27. Tipos de pérdidas por empalmes. ....	73
Figura 28. Pérdidas por Scattering en una fibra óptica. ....	76
Figura 29. Sector en el que se brindará el servicio FTTH. ....	82
Figura 30. Historial suscriptores empresa CINE CABLE TV Tucán. ....	84
Figura 31. Instalación aérea y subterránea de la red de acceso FTTH.....	86
Figura 32. Componentes de la red FTTH-GPON. ....	91
Figura 33. Transmisor RF 1550nm.....	94
Figura 34. EDFA con WDM. ....	96
Figura 35. OLT 8 puertos GPON.....	98
Figura 36. ONT con WIFI y puerto para CATV.....	101
Figura 37. Diseño actual de la red HFC de la empresa CINE CABLE TV.....	102
Figura 38. Zonas de cobertura. ....	103
Figura 39. Diseño de la Red de acceso FTTH propuesto. ....	104
Figura 40. Zona 1 de cobertura. ....	105
Figura 41. Zona de cobertura 2. ....	106
Figura 42. Zona de cobertura 3. ....	107
Figura 43. Zona de cobertura 4. ....	108
Figura 44. Esquema de la red de acceso FTTH.....	109
Figura 45. Crecimiento servicio de audio y video por suscripción en Ecuador...	122
Figura 46. Crecimiento de conexiones fijas a nivel nacional. ....	123

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Plan residencial CINE CABLE TV. -----	5
<b>Tabla 2.</b> Plan corporativo CINE CABLE TV.-----	6
<b>Tabla 3.</b> Velocidad de transmisión de la tecnología ADSL. -----	33
<b>Tabla 4.</b> Comparación de los tipos de tecnología de acceso xDSL. -----	35
<b>Tabla 5.</b> Comparación entre las tecnologías PON.-----	44
<b>Tabla 6.</b> Velocidades de transmisión que soporta G-PON. -----	47
<b>Tabla 7.</b> Valores de pérdidas de los diferentes tipos de splitter. -----	54
<b>Tabla 8.</b> Diámetro del campo modal para la fibra monomodo. -----	68
<b>Tabla 9.</b> Ancho de banda para televisión digital. -----	89
<b>Tabla 10.</b> Ancho de banda requerido para el servicios de internet y televisión. --	90
<b>Tabla 11.</b> Atenuación enlace Zona 1 ventana 1310 [nm]. -----	113
<b>Tabla 12.</b> Atenuación enlace Zona 1 ventana 1490 [nm]. -----	114
<b>Tabla 13.</b> Atenuación enlace Zona 1 ventana 1550 [nm] -----	114
<b>Tabla 14.</b> Atenuación enlace Zona 2 ventana 1310 [nm]. -----	115
<b>Tabla 15.</b> Atenuación enlace Zona 2 ventana 1490 [nm]. -----	115
<b>Tabla 16.</b> Atenuación enlace Zona 2 ventana 1550 [nm] -----	116
<b>Tabla 17.</b> Atenuación enlace Zona 3 ventana 1310 [nm]. -----	116
<b>Tabla 18.</b> Atenuación enlace Zona 3 ventana 1490 [nm]. -----	117
<b>Tabla 19.</b> Atenuación enlace Zona 3 ventana 1550 [nm] -----	117
<b>Tabla 20.</b> Atenuación enlace Zona 4 ventana 1310 [nm]. -----	118
<b>Tabla 21.</b> Atenuación enlace Zona 4 ventana 1490 [nm]. -----	118
<b>Tabla 22.</b> Atenuación enlace Zona 4 ventana 1550 [nm] -----	119
<b>Tabla 23.</b> Comparación proveedores de equipos. -----	124
<b>Tabla 24.</b> Costo Equipos Nodo Central. -----	125

<b>Tabla 25.</b> Costo enlace Zona 1. -----	126
<b>Tabla 26.</b> Costo enlace Zona 2. -----	126
<b>Tabla 27.</b> Costo enlace Zona 3. -----	127
<b>Tabla 28.</b> Costo enlace Zona 4. -----	127
<b>Tabla 29.</b> Costo Total de la Red. -----	128
<b>Tabla 30.</b> Costo Equipos ODN. -----	128
<b>Tabla 31.</b> Costo Equipos Acometida. -----	128
<b>Tabla 32.</b> Costo de mano de obra.-----	129
<b>Tabla 33.</b> Costo total de Inversión.-----	129
<b>Tabla 34.</b> Información solicitud de crédito.-----	130
<b>Tabla 35.</b> Tabla de amortización de crédito para un lapso de 5 años. -----	130
<b>Tabla 36.</b> Flujo de Caja Ingresos. -----	133
<b>Tabla 37.</b> Flujo de caja Egresos -----	135
<b>Tabla 38.</b> Total flujo de caja Ingresos y Egresos. -----	136
<b>Tabla 39.</b> Costos de ingresos y egresos. -----	139

# **CAPÍTULO I**

## **ANTECEDENTES Y SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA CINE CABLE TV**

### **1.1 INTRODUCCIÓN**

Este capítulo contiene un análisis del estado actual de los servicios que proporciona la empresa CINE CABLE TV para brindar el servicio de audio y video por suscripción e internet, también se describen los objetivos, el alcance y la justificación de este proyecto.

### **1.2 ANTECEDENTES**

CINE CABLE TV Inició sus labores en el año 1995 con el nombre de TELVICABLE, en el año 1998 continuó sirviendo con el nombre de CARCHI CABLE TV y posteriormente en el año 2000 se crea la sociedad civil CINE CABLE TV. La primera ciudad en recibir el servicio fue Tulcán, en el año 1995 para continuar con Milagro y Babahoyo en el año 2002, en el año 2005 luego de la aprobación del permiso por el CONARTEL se inició el servicio en la ciudad de Ibarra, y en 2006 en la ciudad de Quevedo, y posteriormente en la ciudad de

Esmeraldas. La Figura 1, muestra un esquema de la ubicación de las sucursales que posee la empresa en todo el país.



Figura 1. Sucursales de la empresa CINE CABLE TV en Ecuador.

Fuente: El autor.

CINE CABLE TV, es una empresa que ha puesto todo su esfuerzo en tres aspectos que sus abonados consideran muy importante; primero, servir con una tecnología y equipos de Punta o vanguardia; segundo, que el costo sea

accesible para toda la población en el área de cobertura, y tercero, que los abonados reciban toda la información, la asesoría, y el servicio que requieran de manera inmediata, oportuna y eficaz, de tal forma que el resultado final sea uno solo, la excelencia y satisfacción total. (CINE CABLE TELEVISION, s.f.)

### 1.2.1 SERVICIOS QUE OFRECE LA EMPRESA CINE CABLE TV

Actualmente la empresa CINE CABLE TV brinda el servicio de audio y video por suscripción (televisión por cable) e internet mediante la tecnología HFC (Hybrid Fiber Coax) híbrido fibra-coaxial. La Figura 2, muestra el logotipo de la empresa y los planes que ofrece.



Figura 2. Servicios que ofrece la empresa CINE CABLE TV.

Fuente: (CINE CABLE TELEVISION, s.f.)

La Figura 3, muestra los canales de televisión por cable que ofrece la empresa para la ciudad de Tulcán, los cuales son un total de 85.



Figura 3. Canales de televisión por cable que ofrece la empresa.

Fuente: (CINE CABLE TELEVISION, s.f.)

En la Tabla 1, se muestra el detalle de todos los planes residenciales que ofrece la empresa, con su respectivo valor mensual. Los planes incluyen 85 canales de televisión por cable además de internet.

**Tabla 1.** Plan residencial CINE CABLE TV.

<b>PLAN RESIDENCIAL</b>	<b>VELOCIDAD</b>		<b>PRECIO</b>
<b>Compartición 1:8</b>	<b>Bajada (Mbps)</b>	<b>Subida (Mbps)</b>	<b>Valor mensual (\$)</b>
<b>Normal</b>	2,2	0,275	34
<b>Plus</b>	3,5	0,75	44
<b>Súper</b>	6,2	0,75	64
<b>Gigante</b>	11	0,75	89
<b>Fast</b>	17	0,75	109

Fuente: El autor

En la Tabla 2, se muestra el detalle de todos los planes corporativos que ofrece la empresa con su respectivo valor mensual. Los planes incluyen 85 canales de televisión por cable, además de internet.

**Tabla 2.** Plan corporativo CINE CABLE TV.

<b>PLAN CORPORATIVO</b>	<b>VELOCIDAD</b>		<b>PRECIO</b>
<b>Compartición 1:2</b>	<b>Bajada (Mbps)</b>	<b>Subida (Kbps)</b>	<b>Valor mensual (\$)</b>
<b>Normal</b>	1,6	0,5	44
<b>Plus</b>	2	0,75	69
<b>Súper</b>	3,4	0,75	99
<b>Gigante</b>	6	0,75	154

Fuente: El autor

CINE CABLE TV brinda los siguientes beneficios para las empresas u hogares.

- Seguridad: la red cuenta con políticas de seguridad que permiten, prohíben, cifran el flujo de información que se transporta por internet.
- Tecnología: la empresa cuenta con tecnología de vanguardia para garantizar una excelente continuidad del servicio.
- Soporte técnico: con personal calificado y tiempos de respuesta adecuados a las necesidades de las empresas.
- Monitoreo: El NOC de CINE CABLE TV es monitoreado, controlado y gestionado por programas de alto rendimiento.

- Disco duro virtual en la nube CINE CABLE.
- Acceso: fibra óptica, coaxial, inalámbrico.
- Ip fija.
- Cuentas de e-mail.

### **1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Desde la aparición de las tecnologías de información y telecomunicaciones hasta la actualidad se brindan servicios de voz, datos y video por separado, con distintos proveedores o con diferentes medios de transmisión, lo que ocasiona inconvenientes como pérdida de tiempo al momento de pagar los servicios, costos elevados que implica la contratación de cada servicio por separado, servicios de baja calidad entre otros.

Esto ha conllevado a que se creen nuevas tecnologías que permitan la integración de los servicios mencionados mediante un solo medio de transmisión que es el cable de Fibra Óptica, permitiendo así a los proveedores, brindar servicios convergentes y de calidad.

En la actualidad existe una sociedad altamente tecnológica y cada vez existe mayor demanda de servicios exigiendo grandes capacidades que con redes tradicionales no se pueden proporcionar, obligando así a que las empresas migren

al uso de Fibra Óptica en sus redes. La empresa CINE CABLE TV pretende la adopción de esta tecnología, debido a la necesidad de mejoramiento y modernización de las redes para poder brindar un mejor servicio a la comunidad y cubrir la alta demanda de servicios, pero al igual que la mayoría de empresas solo cuenta con redes de Fibra Óptica que llegan hasta los nodos de comunicaciones y no ofrece servicios de última milla con esta tecnología.

El uso de redes de acceso FTTH permitirá a los usuarios tener un servicio mucho más eficiente que el servicio con el que cuentan en la actualidad con redes tradicionales, mediante la tecnología GPON se podrán tener servicios integrados con grandes ventajas como mayores velocidades de transmisión, mayor ancho de banda, grandes distancias, mejor seguridad, además se solucionará el problema de saturación que existe actualmente con las redes de cobre. Con esto la empresa CINE CABLE TV podrá satisfacer las necesidades de los usuarios además de brindar nuevos y mejores servicios de calidad a la comunidad.

La utilización de Fibra Óptica hasta el hogar es ahora una tendencia para proveedores que necesitan proporcionar nuevos y mejores servicios a la comunidad y en las cuales las redes tradicionales están empezando a saturarse debido a la gran demanda de consumidores, también es una tendencia para usuarios que requieren servicios y aplicaciones integrados de calidad además de seguridad, por lo que la red de acceso FTTH mediante la utilización de la tecnología GPON será

el inicio para un mejor desarrollo tecnológico de la empresa al cual los clientes podrán tener acceso.

## **1.4 OBJETIVOS**

### **1.4.1 OBJETIVO GENERAL**

Diseñar una red de acceso FTTH utilizando tecnología GPON para brindar servicios convergentes de audio y video por suscripción e internet al sector centro de la ciudad de Tulcán para la empresa CINE CABLE TV.

### **1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Describir la situación actual del servicio que proporciona la empresa CINE CABLE TV para brindar el servicio de audio y video por suscripción e internet.
- Investigar los fundamentos teóricos de la tecnología FTTH, mediante un estudio de las diferentes tecnologías de acceso con redes de fibra óptica, para el desarrollo del proyecto.
- Indagar los fundamentos teóricos de la tecnología GPON, analizando su arquitectura y características, con lo que se basará el proyecto.

- Conocer las redes de acceso que se tienen hasta la actualidad con las que se brindan servicios de voz, video y datos, efectuando una investigación de sus principales características.
- Detallar los requerimientos y elementos necesarios para la implementación de una red de acceso FTTH con tecnología GPON, para el desarrollo del diseño del proyecto.
- Elaborar un diseño de la red de acceso FTTH realizando un estudio técnico, de acuerdo al dimensionamiento de la red del sector centro de la ciudad de Tulcán.
- Realizar un análisis económico, para poder determinar la viabilidad y rentabilidad del proyecto.

## **1.5 ALCANCE**

Para el desarrollo de este proyecto se realizará una descripción de la situación actual del servicio que proporciona la empresa CINE CABLE TV, para ello se realizarán visitas a las instalaciones de la empresa ubicada en el sector centro de la ciudad de Tulcán, de esta manera se podrá tener conocimiento de la infraestructura de la red interna y la tecnología existente en la empresa con la cual brindan el servicio de audio y video por suscripción e internet a dicho sector.

Se efectuará un estudio de la tecnología FTTH y la tecnología GPON, analizando sus características, arquitectura y funcionamiento, tomando en cuenta las diferentes redes de acceso mediante fibra óptica que existen actualmente, con

las cuales se podría implementar una red de acceso FTTH, haciendo énfasis en el estudio de la tecnología GPON el cual permitirá adquirir conocimientos para poder realizar el diseño de la red de manera adecuada.

Se ejecutará un análisis de las redes de acceso que existen actualmente como son las redes de cobre o también redes híbridas de cobre y fibra óptica con las que se brindan servicios de voz, video y datos, haciendo una comparación con las redes de acceso que utilizan únicamente fibra óptica, considerando sus principales características, con lo cual se conocerán las ventajas y desventajas de las redes de acceso mediante fibra óptica, para de esta manera determinar los beneficios que se tendrán con las redes ópticas pasivas.

De igual forma se realizará un análisis de todos los elementos que conforman una red de acceso FTTH mediante una investigación de su funcionamiento y características en base a la arquitectura de una red de acceso FTTH – GPON incluyendo cálculos del sistema, lo cual permitirá elegir el equipamiento adecuado para el diseño de la red y una futura implementación, además se realizará una investigación de los requerimientos necesarios como son permisos o normas para la instalación de redes GPON en el sector centro de la ciudad de Tulcán, con lo que se podrá determinar la forma de distribución del cable de fibra óptica.

Se efectuará un estudio técnico en base a trabajos de campo y observación de planos que se llevarán a cabo mediante visitas al sector centro de la ciudad de Tulcán lo cual permitirá conocer las coordenadas geográficas del sector, la cantidad y la ubicación exacta de los clientes de la empresa, para posteriormente realizar el diseño de la red de acceso FTTH de acuerdo al dimensionamiento de la red y la demanda de usuarios, según la arquitectura de la red FTTH - GPON, para ello se utilizarán planos, que serán obtenidos mediante herramientas para diseño de los mismos, las cuales ayudarán con la ejecución del diseño de la red de acceso.

Finalmente se efectuará un análisis económico del proyecto, tomando en cuenta la mejor decisión en cuanto a elementos a utilizar para una futura instalación, realizando un análisis de sus características técnicas y el precio de los mismos, también se incluirán los costos y gastos operacionales, además de un análisis financiero, para poder determinar la rentabilidad y el costo beneficio del proyecto.

Al finalizar el proyecto se contará con un diseño de una red de acceso FTTH utilizando tecnología GPON que proveerá el servicio de audio y video por suscripción e Internet al sector centro de la ciudad de Tulcán, el cual será el inicio para una futura implementación en la empresa CINE CABLE TV ubicada en la ciudad de Tulcán, además de sus sucursales, lo que dará solución a la empresa y permitirá brindar a sus clientes servicios de calidad, seguros y óptimos, cubriendo así las necesidades de los usuarios.

## 1.6 JUSTIFICACIÓN

Este proyecto permitirá determinar la viabilidad y rentabilidad para la implementación de una red de acceso FTTH – GPON con lo cual se podrían brindar mejores servicios de calidad a la comunidad, como son la televisión digital y el acceso a internet a mayores velocidades, en caso de ser implementado, además gracias al uso de fibra óptica como medio de transmisión, se presenta la posibilidad de brindar nuevos servicios que en un futuro podrían ser implementados.

El diseño de una red de acceso FTTH utilizando tecnología GPON tiene como finalidad cumplir con el objetivo de la empresa CINE CABLE TV que es llegar a servir a todos los abonados con la tecnología GPON, servir con tecnología y equipos de punta a un costo accesible para satisfacer a los usuarios con servicios de calidad, y de acuerdo a la factibilidad del proyecto a futuro podrá ser implementado en todas las sucursales de dicha empresa.

La empresa CINE CABLE TV tiene su matriz ubicada en el centro de la ciudad de Tulcán, actualmente se brinda el servicio de audio y video por suscripción e internet mediante fibra óptica y cable coaxial o redes HFC. El diseño de la red de acceso FTTH utilizando tecnología GPON se realizará en este sector ya que existe mayor índice de clientes, entre residenciales, PYMES y corporativos que conforman aproximadamente un total de 1000 clientes, los cuales demandan calidad y confiabilidad en sus servicios

Debido a los grandes beneficios que se tienen con la Fibra Óptica como medio de transmisión tanto para proveedores y usuarios cuyas características son mayor capacidad, reducción de costos de operación, mayor seguridad entre otros, las empresas proveedoras de servicios están adoptando y migrando hacia su uso, aparte de que las redes de cobre actualmente no cubren la alta demanda de servicios existente debido a sus características técnicas, para de esta manera mejorar la calidad de prestación del servicio a los usuarios.

## **CAPÍTULO II**

### **FUNDAMENTOS TEÓRICOS**

#### **2.1 INTRODUCCIÓN**

En este capítulo se fundamenta la teoría acerca de la tecnología FTTH, para lo cual se realizarán investigaciones basándose en las tecnologías de acceso con fibra óptica, también se incluye una investigación de las redes de acceso que se tienen en la actualidad para brindar servicios de voz video y datos, y el estudio de la tecnología GPON en la que se basa el proyecto.

#### **2.2 TECNOLOGÍAS DE ACCESO**

Los avances de la tecnología han permitido el desarrollo de nuevas técnicas que mejoran la calidad en el uso de las comunicaciones lo que en un principio se pensaba que era imposible y actualmente son de uso masivo. Por ello y debido a la necesidad de los usuarios al querer estar comunicados a mayor velocidad, video con mejor calidad de imágenes, aplicaciones en tiempo real, servicios integrados, hace que demanden mayor ancho de banda y las redes de cobre no pueden soportar tal demanda.

“Existen varias maneras de acceder a Internet, una de las opciones es utilizar como vía de acceso un medio físico (cable) para conectar nuestros dispositivos electrónicos a la red, los materiales más utilizados para proveer el servicio de Internet alrededor del mundo son el cobre y la fibra óptica”. (Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones)

El uso de redes de fibra óptica con servicios de última milla es la solución a los problemas de las redes de cobre ya que permiten enormes anchos de banda y gracias a sus características son muy robustas y eliminan el problema de saturación que se tiene con las redes de cobre, brindando así beneficios tanto a proveedores de servicios como a usuarios satisfaciendo sus necesidades.

✓ **BANDA ANCHA**

Banda Ancha es un conjunto de tecnologías que permiten ofrecer a los usuarios altas velocidades de comunicación y conexiones permanentes. Permite que los proveedores de Servicio ofrezcan una variedad servicios de valor agregado. Se ofrece a través de una serie de tecnologías y el equipamiento adecuado para llegar al usuario final con servicios de voz, video y datos. (Alvarado, 2013)

El acceso a una conexión de banda ancha se puede obtener mediante uno de los siguientes métodos:

- Línea digital del suscriptor (DSL).
- Módem para cable.
- Fibra óptica.
- Inalámbrica.
- Satélite.

✓ **ÚLTIMA MILLA**

Última milla se refiere a la conexión entre el usuario final (residencial o corporativo) y la estación central o las redes de las operadoras de telecomunicaciones. Puede ser alámbrica o inalámbrica. La última milla es la parte de las infraestructuras de la red de un operador que tiene el costo más alto.

### **2.2.1 REDES HÍBRIDAS DE FIBRA Y CABLE (HFC)**

Las redes de acceso HFC (Hybrid Fiber Coaxial) combinan cables de fibra óptica y coaxial, surgieron en la década de 1980 con la introducción de fibra óptica a las redes de CATV (Community Antenna Television) tradicionales. Esto significó una mejora en la calidad de servicio y la comunicación en dos sentidos fue posible, por lo que además de brindar servicios de televisión las redes HFC permiten ofrecer servicios de Internet y telefonía.

Esta tecnología fue adoptada muy rápidamente, ya que simplemente se sustituye el cable coaxial de la cabecera con cables de fibra óptica formando redes troncales sin la necesidad de cambiar las redes coaxiales ya existentes en los hogares. Actualmente las redes HFC están siendo utilizadas por los proveedores de servicios de CATV que también ofrecen otros servicios como Internet y telefonía.

Al igual que DSL pueden alcanzar velocidades de varios Mbps, pero se ven afectados por la distancia, es por esto que utilizan tecnología de Fibra Óptica hasta el Headend y los nodos de distribución, y desde este punto utilizan cable coaxial con amplificadores cada cierta distancia, para el acceso a los usuarios, como se presenta en la Figura 4. (Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones)

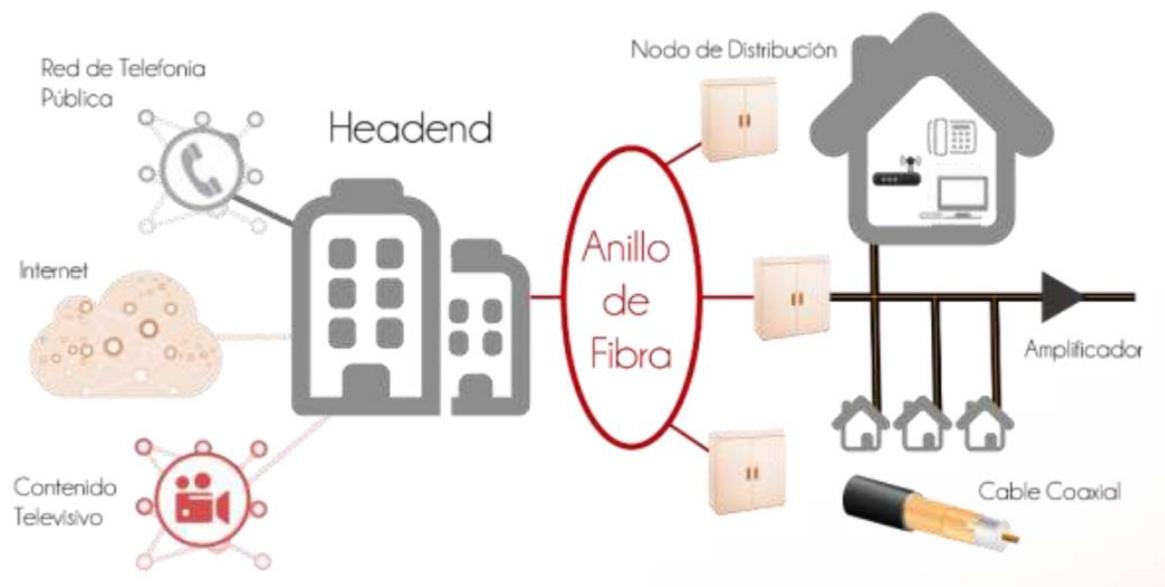


Figura 4. Diagrama de una red HFC.

Fuente: (Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones)

La tecnología de acceso HFC permite integrar bajo un solo cable múltiples servicios como: TV por cable, telefonía, PPV (Pay Per View), Internet de banda ancha, Teleconferencias y TV interactiva, siendo de mayor demanda los servicios de TV por cable, PPV e Internet de banda ancha.

“HFC utiliza un método bidireccional para transferir data de una manera rápida y confiable”. (Arias, 2013). Permite la transferencia de información ya sea desde la empresa proveedora hacia los clientes o viceversa. Se basan en nodos interconectados por fibra óptica a una central y conectados internamente por cable coaxial.

### **2.2.1.1 Arquitectura de una red de acceso HFC**

La arquitectura de una red HFC está conformada por los elementos que se describen a continuación.

#### *2.2.1.1.1 Cabecera*

Es el centro y parte principal de todo el sistema, donde se generan las señales que se distribuirán por toda la red. En la cabecera se encuentran los servidores principales que dan acceso a toda la red. Aquí se encuentran equipos de recepción terrestre, vía satélite y microondas como son: antenas, moduladores, codificadores, receptores satelitales, multiplexores, transmisores y divisores

ópticos, receptores ópticos. La cabecera es la encargada de la monitorización de la red para su correcto funcionamiento.

#### *2.2.1.1.2 Red Troncal*

La red troncal se encuentra desde la cabecera de la red hasta los nodos, generalmente se despliega en forma de anillo que se interconecta entre nodos. En los nodos las señales ópticas se convierten a señales eléctricas y se distribuyen hacia los hogares de los abonados a través de una estructura tipo bus mediante cable coaxial. Entre los equipos de una red troncal se encuentran transmisores y receptores ópticos, amplificadores y divisores ópticos.

“Al utilizar fibra óptica en las redes troncales, se reducen las perturbaciones, principalmente las perturbaciones coherentes, introducidas por las cadenas de amplificadores - repetidores. El empleo de la fibra óptica en la distribución de señales de TV ha sido posible gracias al desarrollo de láseres con características de linealidad suficientes para producir distorsiones mínimas en las señales” (Álvarez, y otros, 2009).

#### *2.2.1.1.3 Red de distribución.*

La red de distribución enlaza los nodos de conmutación con los nodos de distribución que llevan la información del abonado. Se encarga de dividir la

información que proviene de la cabecera, adapta dicha información y la transporta al bucle de abonado. “Este sistema puede albergar centros intermedios de almacenamiento digital para descongestionar los servidores de información de los proveedores de servicios”. (Sallent, 1997)

La red de distribución debe proveer la energía que se requiere en la acometida o la red de abonado, además debe compensar las pérdidas del cable. Se utilizan amplificadores de gran ganancia que compensan la energía que se provee al abonado, pero a su vez los amplificadores son los que producen mayor distorsión en la red. Generalmente la distancia máxima del despliegue de la red de distribución no sobrepasa los dos kilómetros.

#### *2.2.1.1.4 Red de Abonado o Acometida*

La red de abonado interconecta los equipos de abonado como módems, decodificadores, computadores con la cabecera. Se lo hace mediante múltiples derivaciones desde el cable de distribución. La calidad de la señal que se recibe en el abonado depende de la calidad de la acometida en la que intervienen las perturbaciones ocasionadas por conectores y los dispositivos receptores utilizados. La topología más utilizada es la de árbol y ramas.

### 2.2.1.2 Funcionamiento de una red HFC

En la Figura 5, se observa un esquema de red HFC en la cual del nodo óptico parten 4 buses de coaxial que sirven a 4 áreas de distribución distintas. Cada bus dará servicio a 125 hogares, teniendo un total de 500 hogares por nodo.

El ancho de banda está dividido en varios canales, algunos dedicados para enlace ascendente desde la cabecera hacia el abonado, otros canales para enlace descendente, desde el abonado hacia la cabecera.

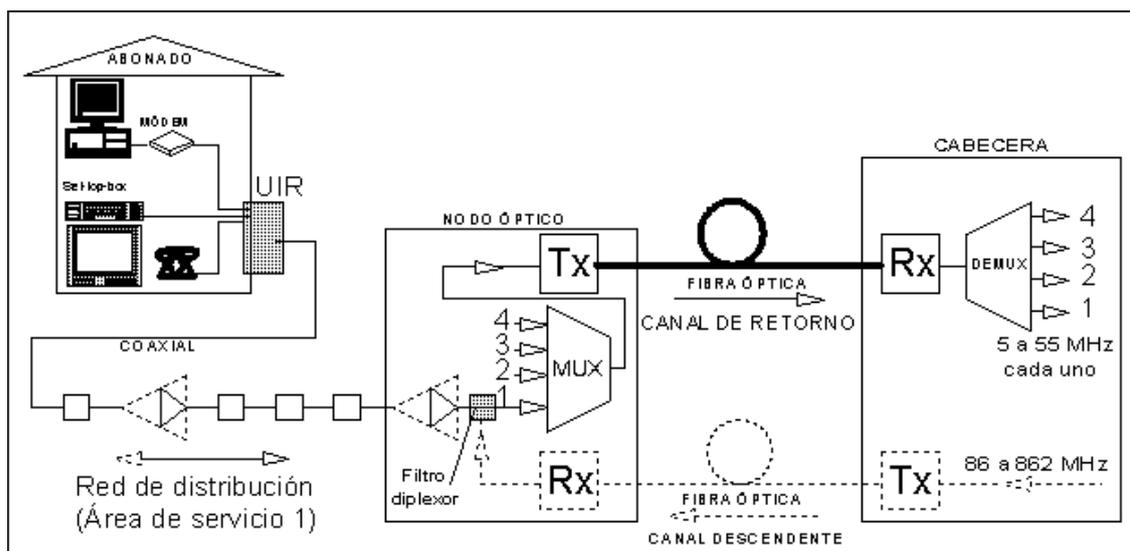


Figura 5. Funcionamiento de una red HFC.

Fuente: (Arias, Análisis de elementos de redes HFC, 2013)

La señal se origina en el receptor de satélite en RF o radiofrecuencia, pasa a través de un equipo llamado combinador de señales, a partir de ahí viaja al transmisor, donde se convierte en una señal de onda de luz que se envía a través

de un conector de fibra óptica por el cable de fibra óptica. En el nodo, la señal de onda de luz se convierte nuevamente a RF y se introduce en un amplificador de RF para ser enviada en sentido descendente hacia los usuarios que llegan mediante cable coaxial.

Para que los datos viajen en sentido ascendente desde el usuario hacia la cabecera, la señal toma el camino inverso. Viaja a través del cable de acometida mediante el cable coaxial hasta que llega al nodo, aquí se convierte de nuevo a una señal de onda de luz y se envía a través del cable de fibra óptica de vuelta al receptor que se encuentra en la cabecera de la red.

### **2.2.1.3 CARACTERÍSTICAS DE LAS REDES DE ACCESO HFC**

- ✓ Bidireccionalidad.
- ✓ Gran ancho de banda administrado por el operador.
- ✓ Cascadas de amplificadores más reducidas.
- ✓ Mejor rendimiento de los equipos utilizados.
- ✓ Menor ruido, distorsiones e interferencias.
- ✓ Sistemas de alimentación centralizados y autónomos.
- ✓ Zonas de cobertura muy extensas.
- ✓ Escalabilidad de la plataforma.
- ✓ Permite la integración de redes y servicios.
- ✓ Ancho de banda distribuido.
- ✓ Requiere esquemas de mantenimiento más estrictos.

Las redes de acceso HFC se basan en el estándar DOCSIS (Data Over Cable Service Interface Specification), Especificación de Interfaz de Servicios de Datos por Cable, es un estándar desarrollado por el consorcio CableLabs en el año 1997, es el estándar más importante utilizado en el área del cable módem, “define los requerimientos de la interfaz de soporte de comunicaciones y operaciones para los sistemas de datos por cable, lo cual permite añadir transferencias de datos de alta velocidad a un sistema CATV sobre una infraestructura HFC existente” (Borbor, Jiménez, & Estrada, 2007).

El estándar DOCSIS establece el empleo de varias modulaciones para el sentido ascendente de la señal tales como modulación QPSK<sup>1</sup> hasta 128 QAM<sup>2</sup>, el cual se utiliza cuando se emplea el modo S-CDMA<sup>3</sup>. Además DOCSIS provee mecanismos para garantizar la calidad de servicio (QoS) del flujo de información en tiempo real, controlando que los valores de pérdidas, retardos y fluctuaciones del retardo estén en los niveles adecuados.

---

<sup>1</sup> QPSK: (Quadrature Phase Shift Keying) es una técnica de modulación de frecuencias digitales utilizada para la transmisión de datos mediante un cable coaxial.

<sup>2</sup> QAM: (Quadrature Amplitude Modulation) consiste en modular por desplazamiento en amplitud de forma independiente, dos señales portadoras que tienen la misma frecuencia pero que están desfasadas entre sí 90°.

<sup>3</sup> S-CDMA: (Synchronous Code División Multiple Access), en esta técnica los módems de cable están perfectamente alineados para transmitir simultáneamente en el mismo canal de RF durante el mismo horario.

La transmisión en sentido descendente contiene los canales de televisión y los datos de alta velocidad, se encuentra en el rango de 50 y 860 MHz. La transmisión en sentido ascendente está relacionada con las peticiones de usuario para solicitar información determinada como la descarga de archivos desde Internet o la transferencia de datos a través de la red, el rango de frecuencias del espectro se ubica entre los 5 y 42 MHz.

Los límites de velocidad de transmisión de información en redes HFC se encuentran entre 100 Mbps hasta 160 Mbps, en sentido ascendente y descendente, por lo que son adecuadas para ofrecer servicios de acceso a Internet. Las redes HFC permiten una conexión permanente a los abonados ya que no es necesario el establecimiento de vías de comunicación cada vez que se requiera navegar por Internet como se tiene con el acceso telefónico.

### **2.2.2 RED DE ACCESO DSL (DIGITAL SUBSCRIBER LINE)**

Línea Digital de Abonado, es una de las tecnologías más ampliamente conocida para el acceso a los servicios de telecomunicaciones que se basa en el uso de par de cobre, como se observa en la Figura 6, posee un gran despliegue ya que aprovecha la red telefónica existente, permitiendo la transmisión de datos a alta velocidad.

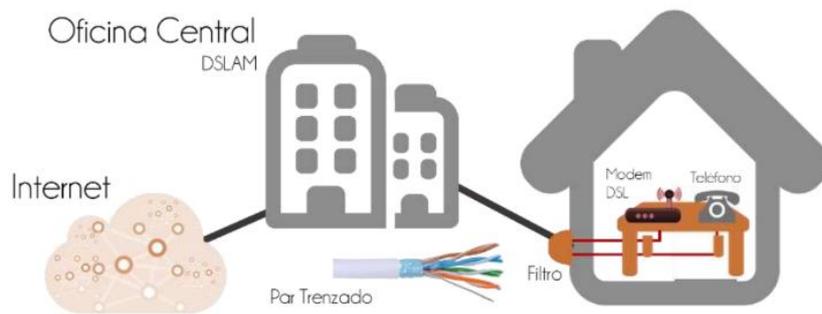


Figura 6. Diagrama general de una red de acceso DSL.

Fuente: (Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones)

DSL está formado por un conjunto de tecnologías que mediante la utilización de códigos de línea y técnicas de modulación adecuados, es por ello que se le conoce también como xDSL, donde la x indica el tipo de transmisión DSL. Dichas tecnologías permiten proveer un gran ancho de banda sobre circuitos locales de cable de cobre, sin amplificadores ni repetidores de señal a lo largo de la ruta del cableado, entre la conexión del cliente y el primer nodo de la red.

“Las tecnologías xDSL convierten las líneas analógicas convencionales en digitales de alta velocidad, con las que es posible ofrecer servicios de banda ancha en el domicilio de los clientes, similares a los de las redes de cable o las inalámbricas, aprovechando los pares de cobre existentes, siempre que estos reúnan un mínimo de requisitos en cuanto a la calidad del circuito y distancia” (Huari, 2001)

### 2.2.2.1 Tipos de xDSL

Existen diferentes variaciones de la tecnología DSL, es por ello que se expresa como xDSL, donde x representa una variable e indica el tipo de tecnología DSL, a continuación se explican los diferentes tipos de xDSL.

#### 2.2.2.1.1 RDSI o IDSL (Red Digital de servicios integrados)

Acceso Básico RDSI ó ISDN DSL (Integrated Services Digital Network) por sus siglas en inglés, permite la transmisión de voz, datos, video en un solo enlace. “Su objetivo es usar los pares de cobre del servicio telefónico para proporcionar dos canales: “canal B”, de 64 kbps que pueden ser utilizados para voz y datos en modo circuito o paquete, y un “canal D” de 16 kbps para señalización o datos en modo paquete.” (Álvarez, y otros, 2009)

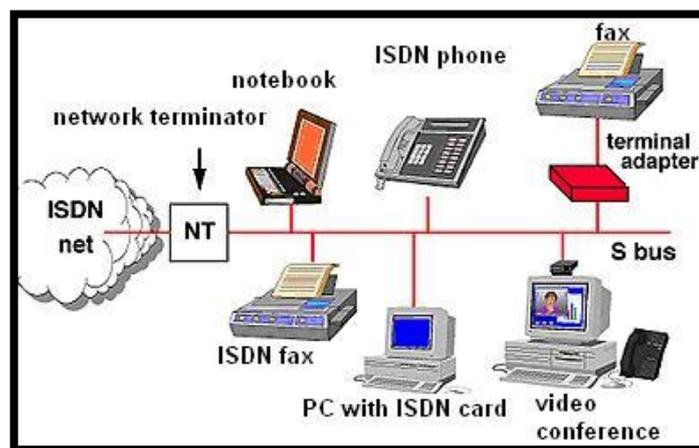


Figura 7. Topología básica de una RDSI.

Fuente: Recuperado de [http://hw-server.com/constrc/atm\\_prog\\_lpt\\_shift/programmer.html](http://hw-server.com/constrc/atm_prog_lpt_shift/programmer.html)

La Figura 7, muestra un esquema de topología básica de una RDSI, donde se observan los servicios que permite ofrecer este tipo de red, los cuales se obtienen a través de un dispositivo terminador de red por el que llegan los servicios del proveedor al usuario.

La tecnología RDSI fue reemplazada por ADSL, sin embargo actualmente es empleada en algunas empresas como alternativa de respaldo para algunos servicios de datos y para soporte de videoconferencias.

#### *2.2.2.1.2 HDSL (High Speed Digital Subscriber Line)*

Línea digital de abonado de alta velocidad, proporciona enlaces primarios E1<sup>4</sup> a 2 Mbps o T1<sup>5</sup> a 1,5 Mbps sobre uno o varios pares telefónicos convencionales, es un tipo de tecnología simétrica. Permite operar en modo full duplex. Se despliega principalmente para conexiones de red PBX<sup>6</sup>, sistemas de soporte de bucle digital, servidores de Internet y redes de datos privada. El rango de operación tiene un alcance máximo de 3.6 Km, para ampliar el servicio se utilizan repetidores.

---

<sup>4</sup> E1: Es una trama con formato de transmisión digital que consta de 32 canales de 64 kbps cada uno, permitiendo la transmisión simultánea de 30 canales de voz y 2 canales de señalización.

<sup>5</sup> T1: Es un tipo específico de línea telefónica de cobre o fibra óptica que puede transportar más datos que las líneas de teléfono tradicionales. Tienen una capacidad de 1.544 Mbps.

<sup>6</sup> PBX: (Private Branch Exchange), es una red telefónica conectada directamente a la red telefónica pública por medio de líneas troncales para gestionar además de las llamadas internas, las llamadas entrantes y salientes con autonomía sobre cualquier otra central telefónica

#### *2.2.2.1.3 SDSL (Symmetric Digital Subscriber Line)*

Línea digital de abonado simétrica es una tecnología que permite la transferencia de datos a velocidades de hasta 3 Mbps ambos sentidos: subida y bajada. Proporciona conectividad de alta velocidad a Internet a un costo razonable. Está diseñado para brindar servicios de voz, video datos y es utilizado principalmente por empresas pequeñas y medianas para transmitir y/o recibir grandes volúmenes de datos a través de Internet a velocidades muy altas.

#### *2.2.2.1.4 ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line)*

Línea digital asimétrica de abonado es actualmente una de las tecnologías con mayor despliegue. “Fue desarrollada en 1989 por la compañía Bellcore, que actualmente es conocida como Telcordia Technologies, como un medio para conseguir un esquema capaz de proporcionar video bajo demanda VoD (Video on Demand)” (Adell, y otros, 2008).

ADSL permite proveer servicios de banda ancha con velocidades de hasta 8 Mbps en sentido descendente y hasta 1 Mbps en sentido ascendente, empleando par de cobre, utilizando la infraestructura red telefónica existente, posibilita el acceso permanente a Internet de banda ancha, al mismo tiempo puede utilizarse simultáneamente la línea de voz, como se observa en la Figura 8.

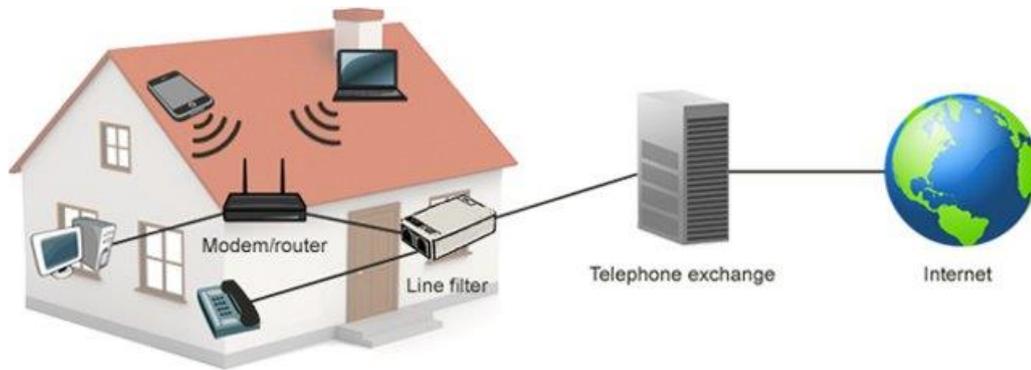


Figura 8. Diagrama de una red ADSL.

Fuente: Recuperado de <https://www.dcsi.net.au/internet/adsl/about>

Inicialmente ADSL tenía dos tipos de modulación: CAP (Carrierless Amplitude/Phase), modulación por amplitud de fase sin portadora<sup>7</sup> y DTM (Discrete Multi Tone), modulación por multitonos discretos. Finalmente los organismos de estandarización decidieron la modulación DTM ya que tienen la característica de adaptar la velocidad de transmisión a las condiciones instantáneas de la línea como las interferencias o la humedad del medio y debido a que DTM presenta mayor resistencia al ruido y a la presencia de señales digitales en los pares adyacentes conocidos como diafonía.

#### 2.2.2.1.4.1 Componentes de una red ADSL

Los componentes de una red ADSL son los que se muestran en la Figura 9, los cuales se detallan a continuación.

<sup>7</sup> Portadora: Es una onda eléctrica modificada o modulada en alguno de sus parámetros por la señal de información (sonido, imagen o datos) y que se transporta por el canal de comunicaciones.

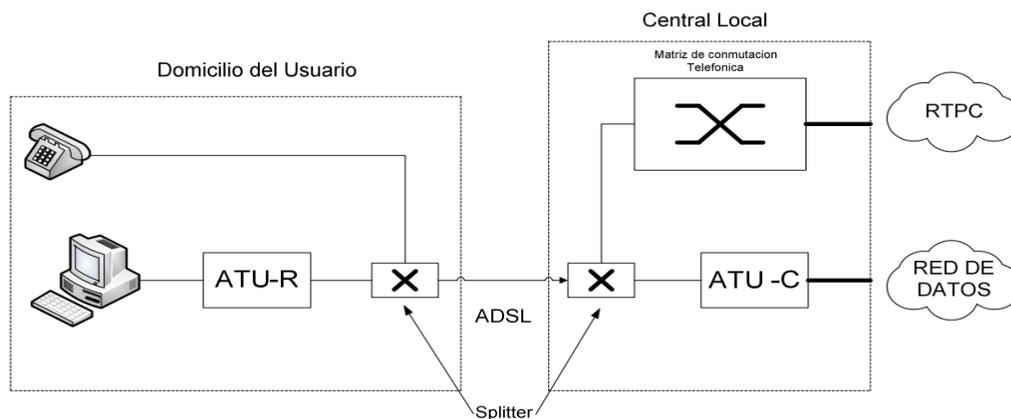


Figura 9. Componentes de una red ADSL.

Fuente: (Ortega, José, 2010)

#### 2.2.2.1.4.1.1 ATU-R (ADSL Terminal Unit Remote)

Es el módem ADSL que se instala en el domicilio del cliente, el cual se interconecta con la central y permite acceder a los servicios que le ofrece el proveedor. Dispone de 32 subportadoras<sup>8</sup>, por lo que la velocidad de bajada es menor a la de subida.

#### 2.2.2.1.4.1.2 ATU-C (ADSL Terminal Unit Central)

Es el módem que se instala en la central, que transmite datos a alta velocidad y recibe datos una vez que han sido redirigidos por el splitter instalado en la central. Puede disponer de 256 subportadoras, por ello la velocidad de subida es mayor a la de bajada.

<sup>8</sup> Subportadora: Es una señal separada, analógica o digital, contenida en una transmisión de RF, que lleva información adicional, como voz o datos. Es una señal ya modulada que se modula a continuación en otra señal de mayor frecuencia y ancho de banda.

#### 2.2.2.1.4.1.3 DSLAM (*Digital Subscriber Line Access Multiplexor*)

Es un equipo instalado en la central, para control rápido de intercambio de canal. Contiene varios módems ATU-C, “ofrecen interfaces Gigabit Ethernet hacia la red y proporcionan mucho mayor ancho de banda”. (Álvarez, y otros, 2009).

#### 2.2.2.1.4.1.4 *Splitter*

Se encuentra ubicado en la central y en el lado del cliente, está formado por dos filtros: uno pasa alto y otro pasa bajo, los cuales separan las dos señales que van por la línea de transmisión, la de voz o telefonía que son frecuencias bajas y la señal de datos de altas frecuencias.

El alcance máximo de ADSL sin repetidores es de 5.5 Km. Para obtener el máximo rendimiento que proporciona la tecnología de acceso ADSL se utiliza el modo de transferencia asincrónico ATM (Asynchronous Transfer Mode), para el envío de información en celdas ATM sobre los enlaces ADSL.

Actualmente existen variaciones de la tecnología ADSL que permiten tener mayores distancias como son: ADSL2 y ADSL2+. En la Tabla 3, se indican las velocidades de transmisión de la tecnología ADSL y sus variaciones.

**Tabla 3.** Velocidad de transmisión de la tecnología ADSL.

<b>TECNOLOGÍA</b>	<b>VELOCIDAD DESCENDENTE</b>	<b>VELOCIDAD ASCENDENTE</b>
<b>ADSL</b>	8 Mbps	1 Mbps
<b>ADSL2</b>	12 Mbps	2 Mbps
<b>ADSL2+</b>	24 Mbps	2 Mbps

Fuente: El autor.

#### 2.2.2.1.5 VDSL *Very high speed Digital Subscriber Line*

Es la más rápida de las tecnologías xDSL, opera de la misma forma que ADSL con la diferencia que VDSL alcanza velocidades de hasta 52 Mbps, permite a las operadoras ofrecer servicios de televisión en alta definición HDTV, video bajo demanda. Permite grandes velocidades pero su alcance es limitado desde los 300 a 1500 metros sobre par trenzado. (Huari, 2001)

Como podemos observar en la Figura 10, la arquitectura de VDSL está compuesta por:

- Modem VDSL (En el lado del usuario)
- Splitter (En el lado del usuario y en el lado de la central)

- ONU (Unidad de red óptica)

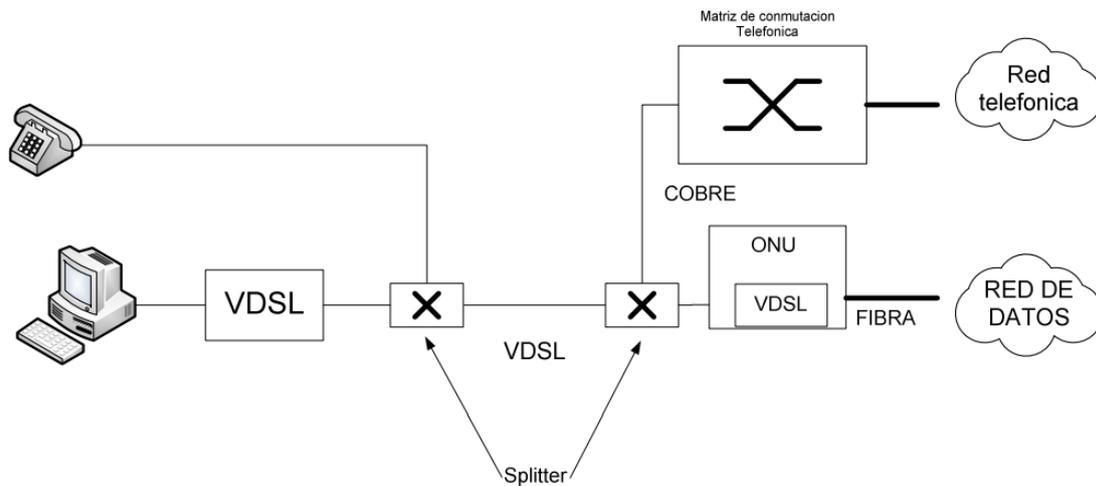


Figura 10. Componentes de una red VDSL.

Fuente: (Ortega, José, 2010)

Para alcanzar mayores distancias, se utiliza una red FTTN (Fiber To The Neighborhood or Node), se conecta la fibra óptica a una caja de conexiones llamado Nodo que da servicio a cientos de clientes en un determinado radio. Para las conexiones desde el nodo hacia el cliente se utiliza el cable UTP, así la tecnología VDSL alcanza mayor velocidad y distancia.

#### 2.2.2.2 COMPARACIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS DE ACCESO xDSL

La Tabla 4, muestra una comparación en cuanto a velocidad máxima de subida y bajada y el alcance máximo de los diferentes tipos de tecnologías xDSL.

**Tabla 4.** Comparación de los tipos de tecnología de acceso xDSL.

<b>TECNOLOGÍA</b>	<b>VELOCIDAD MÁXIMA DE BAJADA (Mbps)</b>	<b>VELOCIDAD MÁXIMA DE SUBIDA (Mbps)</b>	<b>ALCANCE MÁXIMO (Metros)</b>
<b>ISDL</b>	0,128	0,128	1800
<b>HDSL</b>	2	2	3600
<b>SDSL</b>	3	3	3600
<b>ADSL</b>	8	1	5500
<b>VDSL</b>	52	16	1500

Fuente: El autor.

### 2.2.3 REDES DE ACCESO FTTX

El término FTTx (Fiber To The x), se utiliza para indicar hasta qué punto llega el tendido de cable de fibra óptica en las redes ópticas pasivas. Para ello existen las siguientes derivaciones o tipos de redes de acceso FTTx, las cuales se representan en la Figura 11.

- FTTN: Fiber to the Neighborhood or Node.
- FTTC: Fiber to the Curb.
- FTTB: Fiber to the Building.

- FTTH: Fiber to the Home.

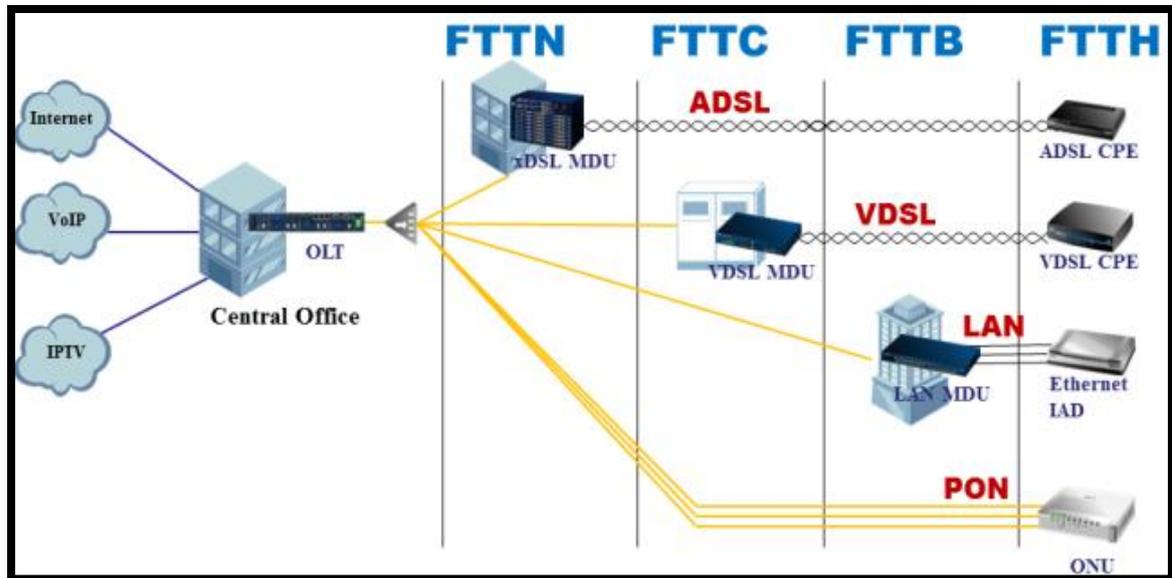


Figura 11. Redes de acceso FTTx.

Fuente: Recuperado de <https://martinmoreton.files.wordpress.com/2011/11/fttx.png>

### 2.2.3.1 FTTN: Fibra hasta el nodo.

Fibra hasta el nodo o fibra hasta el vecindario, sirve a unos cientos de clientes que se encuentran dentro de un radio de 1.6 Km del nodo o la caja de conexión. Permite ofrecer servicios de hasta 30Mbps a un rango de 200 a 500 hogares por fibra.

El despliegue de fibra se realiza desde la central hacia el MDU (multi-dwelling unit) unidad multi-vivienda ubicado en un nodo, desde el nodo hacia el usuario

mediante un CPE (Customer Premises Equipment) equipo en las instalaciones del cliente se utilizan enlaces de cobre, reduciendo así costos de implementación.

#### **2.2.3.2 FTTC: Fibra hasta la acera.**

En la Figura 11, se observa que en la topología FTTC la fibra óptica se despliega desde la central hasta un gabinete o armario de comunicaciones ubicado en la calle luego se distribuye mediante cobre hacia los usuarios que se encuentran dentro de una distancia de hasta 300m. Permite brindar servicios con gran ancho de banda de hasta 50Mbps con una capacidad de 10 a 100 hogares por fibra.

#### **2.2.3.3 FTTB: Fibra hasta el edificio.**

En FTTB la fibra parte desde la central OLT (Terminal de línea óptico) y llega hasta un IAD (Integrated Access Device) dispositivo de acceso integrado ubicado en el cuarto de equipos de un edificio sea comercial o residencial Figura 11, en el cual la red interna se distribuye a través de cobre hacia los usuarios mediante cableado estructurado. La capacidad del ancho de banda que brinda este sistema por usuario es de 50 a 100 Mbps con capacidad de hasta 32 hogares por fibra.

#### **2.2.3.4 FTTH: Fibra hasta el hogar.**

Fibra hasta el hogar es la entrega de una señal de comunicaciones a través de equipos de conmutación de fibra óptica, desde el operador hasta llegar a una

casa o negocio, sustituyendo así la infraestructura de cobre existente, como cables de teléfono y cable coaxial. (FTTH COUNCIL AMERICAS , 2015).

Fibra hasta el hogar es un método relativamente nuevo y de crecimiento rápido que proporciona mucho mayor ancho de banda para los consumidores y empresas, debido a la conexión del cable de fibra óptica directamente a las casas o negocios, permitiendo así que los servicios de video, Internet y voz sean más robustos.

La tecnología FTTH permite proporcionar velocidades de transmisión bidireccional mayores a 100 Mbps, ya que se asigna una fibra por cada hogar. Es un tipo de tecnología flexible debido a que al contrario de tecnologías como DSL o cable módems, en FTTH no es necesario sustituir la fibra óptica desplegada en las redes existentes, ante cambios en los avances de la tecnología de fibra óptica que cada vez son mayores, es por ello fibra hasta el hogar es una tecnología a prueba de futuro.

FTTH soporta los siguientes servicios:

- Servicios de banda ancha asimétrica (por ejemplo, servicios de difusión digitales, descarga de archivos, video bajo demanda, etc.).

- Servicios de banda ancha simétrica (por ejemplo, difusión de contenidos, correo electrónico, intercambio de archivos, educación a distancia, telemedicina, juegos en línea, etc.).
- Servicio telefónico ordinario POTS y Red digital de servicios integrados RDSI. La red de acceso FTTH debe ser capaz de proporcionar, de manera flexible, los servicios de telefonía de banda ancha estrecha.

### **2.3 REDES ÓPTICAS PASIVAS (PON)**

Una PON (Passive Optical Network) es una red de fibra óptica que utiliza componentes de fibra óptica, y componentes pasivos como splitters o combinadores, sin componentes electrónicos, tanto en la infraestructura externa como en la del usuario final, que reemplazan a los elementos activos como repetidores, amplificadores o circuitos que conforman una red.

Como se muestra en la Figura 12, una PON generalmente está constituida por una única fibra óptica bidireccional y compartida, que utiliza acopladores ópticos para ramificarse, formando una económica red de acceso con topología punto-multipunto hasta el usuario final.

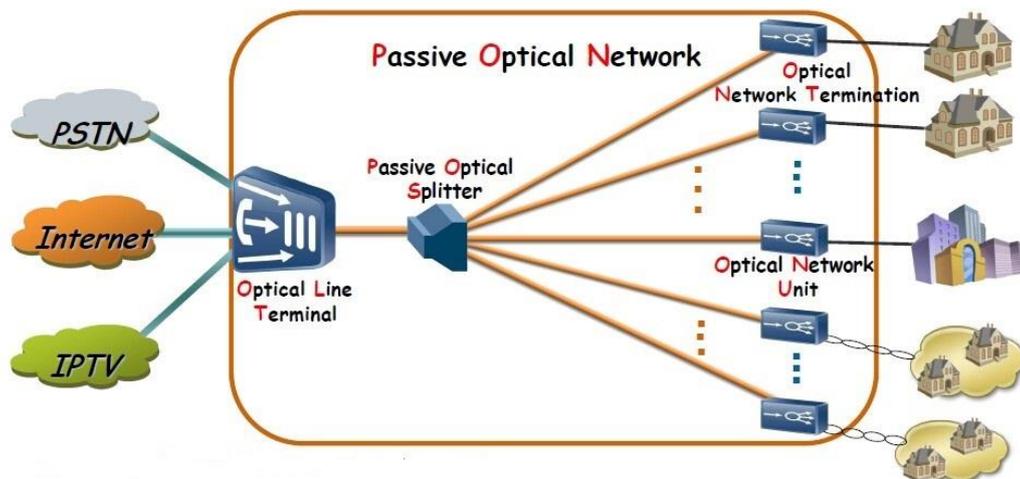


Figura 12. Estructura básica de una red óptica pasiva.

Fuente: (Huawei Technologies, 2008)

### 2.3.1 TIPOS DE PON

Existen varios tipos de redes ópticas pasivas definidos por la Unión Internacional de Telecomunicaciones, los cuales se describen a continuación, aunque actualmente los que presentan mayor despliegue son EPON y GPON.

#### 2.3.1.1 APON

APON (ATM Passive Optical Network) fue la primera red óptica pasiva, está definida en la recomendación ITU-T G983, usa el protocolo ATM (Asynchronous Transfer Mode) sobre una red pasiva, maneja velocidades de 155,52 Mb/s o 622,08 Mb/s en downstream.

### **2.3.1.2 BPON**

Las B-PON (Broadband Passive Optical Network) son sistemas de transmisión ópticos de banda ancha punto-multipunto. Pueden transportar de forma transparente cualquier tipo de datos, por ejemplo, voz, vídeo, datos IP, etc. La B-PON puede transportar datos con independencia del tipo de trama de enlace de datos (es decir, no solamente ATM nativo, sino también tramas HDLC, tramas Ethernet, etc.). (Recomendación UIT-T G.984.3, 2004)

BPON emplea multiplexación por división de longitud de onda (WDM) para la transmisión downstream. Proporciona mayor seguridad y fue desarrollada para lograr aumento de ancho de banda y permitir arquitecturas asimétricas con velocidades de 155 Mbps de subida y 622 Mbps de bajada.

### **2.3.1.3 EPON**

Ethernet PON fue desarrollado por un grupo de estudio de la IEEE de Ethernet en la última milla (EFM) y aprobado en el documento IEEE 802.3ah. Ethernet PON se basa principalmente en el transporte de tráfico Ethernet en lugar del transporte por medio de celdas ATM, que en muchos casos resulta ser muy ineficiente. EPON aplica los beneficios que trae usar fibra óptica en el transporte vía Ethernet. Alcanza distancias de hasta 20 Km, con velocidades de hasta 1Gbps.

EPON es compatible con otros estándares Ethernet, utiliza WDM. Para la gestión y administración de la red EPON se basa en el protocolo SNMP, con lo que se reduce la complejidad de los sistemas de gestión de otras tecnologías (Guevara, 2010).

#### **2.3.1.4 GPON**

“GPON (Gigabit Passive Optical Network) establecido y aprobado por la ITU–T en 2004 mediante el conjunto de recomendaciones ITU-T G.984.1, G.984.2, G.984.3, G.984.4 y G.984.5, con el fin de ofrecer mayor ancho de banda, mayor eficiencia de transporte para servicios IP, y una especificación completa para ofrecer todo tipo de servicios”. (Millán, 2008). Es la tecnología de acceso mediante fibra óptica con arquitectura punto multipunto más avanzada en la actualidad, adecuada para brindar todo tipo de servicios convergentes con mayor ancho de banda y eficiencia.

##### *2.3.1.4.1 ITU-T G-984.1*

La recomendación ITU-T G-984.1 aprobada en 2008 describe las características generales de GPON en base a los requerimientos de servicio de los operadores. Esta recomendación ofrece ejemplos de los servicios UNI (User Network Interfaces) y SIN (Service Node Interfaces) que son requeridos por los operadores de la red. (International Telecommunication Union, 2008)

#### *2.3.1.4.2 ITU-T G-984.2*

La recomendación ITU-T G-984.2 aprobada en 2003 especifica los requerimientos de la capa física y describe las características de la capa PMD de una red de acceso óptico (OAN, Optical Access Network) con capacidad para transportar diversos servicios entre la interfaz usuario-red y la interfaz del nodo de servicio. (International Telecommunication Union, 2003).

#### *2.3.1.4.3 ITU-T G-984.3*

Recomendación ITU-T G984.3 describe la capa de convergencia de transmisión para GPON, una familia de redes de acceso flexibles capaces de proporcionar una amplia gama de servicios de banda ancha y de banda estrecha, que funciona en las tasas de 2.48832 Gbit/s en downstream y 1.24416 o 2.48832 Gbit/s en upstream. (International Telecommunication Union, 2004).

#### *2.3.1.4.4 ITU-T G-984.4*

Esta recomendación establecida en 2008, especifica la gestión de terminación de red óptica y la interfaz de control (OMCI) para GPON, con la finalidad de permitir la interoperabilidad de múltiples proveedores entre la terminación de línea óptica OLT y el ONT. (International Telecommunication Union, 2008) .

### 2.3.2 COMPARACIÓN ENTRE LAS TECNOLOGÍAS PON

La Tabla 5, muestra un resumen comparativo de las principales características entre los diferentes tipos de tecnologías PON.

**Tabla 5.** Comparación entre las tecnologías PON.

<b>PARÁMETROS</b>	<b>APON</b>	<b>BPON</b>	<b>GPON</b>	<b>EPON</b>
<b>Velocidad en sentido descendente.</b>	155 a 622Mbps	155 a 622Mbps	622-1250 a 2500Mbps	1250Mbps
<b>Velocidad en sentido ascendente.</b>	155 a 622Mbps	155 a 622Mbps	155-622 a 1250Mbps	1250Mbps
<b>Usuarios por ONU.</b>	32 usuarios	32 usuarios	64 usuarios	32 usuarios
<b>Alcance</b>	20Km	20Km	20Km	20Km
<b>Soporte.</b>	ATM	Varios estándares	ATM, Ethernet y TDM	Ethernet
<b>Implementación.</b>	Media	Media	Compleja	Media

Fuente: <http://publicaciones.uci.cu/index.php/SC>

### 2.3.3 VENTAJAS DE LAS REDES PON

Las redes ópticas pasivas presentan grandes ventajas en la industria de las telecomunicaciones por el uso de la fibra óptica como medio de transmisión.

- Las PON permiten llevar los servicios (voz, video, datos) a usuarios que se encuentran ubicados hasta 20Km de distancia desde la central, superando así otras tecnologías que alcanzan distancias máximas de 5Km desde la central.
- Reducen el uso de equipos en la central y son más eficientes que las topologías punto a punto ya que permiten reducir el uso de cable de fibra óptica gracias a la topología que se utilice.
- La gran capacidad de transmisión de información de la fibra óptica hace que se pueda ofrecer mayores velocidades a cada usuario, lo que no sucede con redes de cobre.
- Las redes ópticas pasivas son menos costosas que las redes punto a punto, su mantenimiento es reducido a diferencia de las redes de cobre.
- “Como arquitectura punto-multipunto, las redes ópticas pasivas permiten superponer una señal óptica de televisión procedente de una cabecera CATV en otra longitud de onda sin realizar modificaciones en los equipos portadores de datos” (Rosabal, 2011).
- Son inmunes a ruidos e interferencias electromagnéticas y muy resistentes a agresiones del ambiente como penetración de agua o ante la presencia de rayos.
- Presentan muy bajas pérdidas en la transmisión y poseen una gran mejora en la calidad de servicio.

- “Las PON permiten crecer a mayores tasas de transferencia superponiendo longitudes de ondas adicionales” (Rosabal, 2011).

## **2.4 GIGABIT PASSIVE OPTICAL NETWORK – GPON**

GPON es una tecnología punto a multipunto. Por la naturaleza pasiva de GPON que elimina el uso de electricidad en la red de distribución, se utilizan equipos pasivos para dividir la fibra a múltiples lugares, reduciendo así la cantidad de fibra y equipos de oficina requeridos en comparación con las arquitecturas punto a punto.

Es un sistema flexible ya que tiene capacidad para proporcionar servicios como: ATM para voz, Ethernet para datos y encapsulación patentada para el video, mediante el método de encapsulamiento GPON (GEM), lo que permite que GPON posea capacidad de servicio completo, incluyendo voz, multiplexación por división de tiempo (TDM), Ethernet, ATM, líneas arrendadas y extensión inalámbrica.

El sistema GPON utiliza la tecnología WDM para transmitir datos bidireccionales sobre una sola fibra óptica. Para separar las señales de transmisión y recepción de los diferentes usuarios sobre la misma fibra óptica, GPON utiliza la tecnología de difusión (broadcast), con una longitud de onda de 1490nm para la transmisión en sentido descendente y la tecnología TDMA con longitud de onda de 1310nm para la transmisión en sentido ascendente.

G-PON soporta varias velocidades de transmisión en ambas direcciones ascendente y descendente, las cuales se detallan en la Tabla 6.

**Tabla 6.** Velocidades de transmisión que soporta G-PON.

<b>VELOCIDAD ASCENDENTE</b>	<b>VELOCIDAD DESCENDENTE</b>
<b>0,15552 Gbit/s</b>	1,24416 Gbit/s
<b>0,62208 Gbit/s</b>	1,24416 Gbit/s
<b>1,24416 Gbit/s</b>	1,24416 Gbit/s
<b>0,15552 Gbit/s</b>	2,48832 Gbit/s
<b>0,62208 Gbit/s</b>	2,48832 Gbit/s
<b>1,24416 Gbit/s</b>	2,48832 Gbit/s
<b>2,48832 Gbit/s</b>	2,48832 Gbit/s

Fuente: (Recomendación UIT-T G.984.3, 2004)

GPON es compatible con la frecuencia de radio RF para la transmisión de video en la banda de frecuencias de 1550 a 1560nm y proporciona interoperabilidad. GPON posee facilidades de gestión, operación y mantenimiento, desde la OLT al equipamiento de usuario ONU. Además “proporciona seguridad a

nivel de protocolo (encriptación) debido a la naturaleza multicast del protocolo” (Rosabal, 2011).

#### 2.4.1 ARQUITECTURA GPON

Los sistemas GPON se caracterizan generalmente por una terminación de línea óptica OLT (Optical Line Termination) y una unidad de red óptica ONU (Optical Network Unit) o terminación de red óptica ONT (Optical Network Termination) que se interconectan mediante una red óptica pasiva de distribución ODN (Optical Distribution Network). Esto es en general una red punto multipunto entre la OLT y la ONU/ONT, respectivamente.

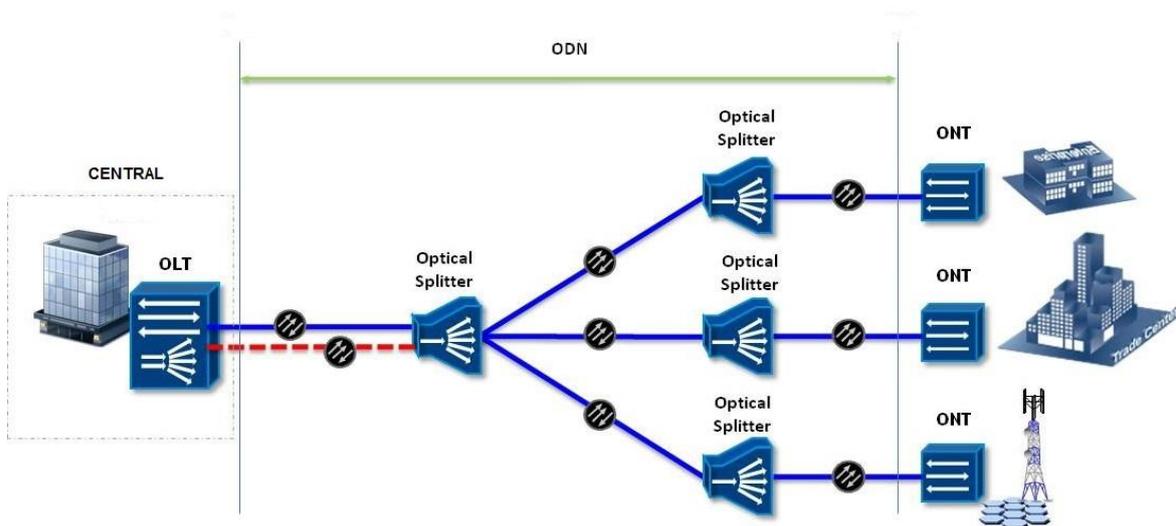


Figura 13. Arquitectura GPON

Fuente: (Saavedra, Capacitación en diseño para el personal técnico de la CNT EP., 2012)

### **2.4.1.1 OLT (Terminal de Línea Óptico)**

La función principal del OLT es controlar el flujo de información a través de la ODN, mientras se encuentran en una oficina central. El OLT tiene dos direcciones de flujo: flujo de subida para conseguir una distribución de diferentes tipos de tráfico de datos y voz de los usuarios, y flujo de bajada para la obtención de datos, voz y tráfico de video de una red pequeña o de una red de largo alcance y enviarlo a todos los módulos de la ONU/ONT.

### **2.4.1.2 ODN (Distribución de Red Óptica)**

Una ODN, proporciona el medio de transmisión óptica para la conexión física desde el OLT hacia el ONU/ONT y viceversa. (Ver Figura 13)

#### *2.4.1.2.1 Elementos que conforman la ODN*

Las ODN se componen de elementos ópticos pasivos, los cuales se describen a continuación.

##### *2.4.1.2.1.1 ODF (Distribuidor de Fibras Ópticas)*

Utilizado para terminar un enlace de fibra óptica en las centrales, nodos indoor o outdoor de capacidades de puertos desde 6 hasta 144, dependiendo de las aplicaciones que se le vaya a dar a dicho enlace y de la capacidad del mismo. (Palacios, 2013)

Debe contar con todos los accesorios necesarios de sujeción a rack o pared, con bandejas de empalme independientes que permitan el manejo de cada buffer sin afectar al resto, distancias que permitan respetar el diámetro de curvatura permitido, accesos para la fibra óptica y los patchcords. (Palacios, 2013).



Figura 14. ODF (Distribuidor de Fibras Ópticas)

Fuente: (Palacios, 2013)

#### 2.4.1.2.1.2 Conectores

Son utilizados para acoplar la fibra que llega del exterior que debe ser empalmada con el patchcord que interconectará esta fibra con los equipos de transmisión instalados en la central o nodo por el otro lado. (Palacios, 2013)

Pueden ser de diferentes tipos, como se indica en la Figura 15, existen los metálicos para terminaciones FC o ST y los plásticos para terminaciones SC y LC. La pérdida máxima por conector debe ser de 0.5dB. Deben estar protegidos contra suciedad y golpes ambos lados del conector. (Palacios, 2013)

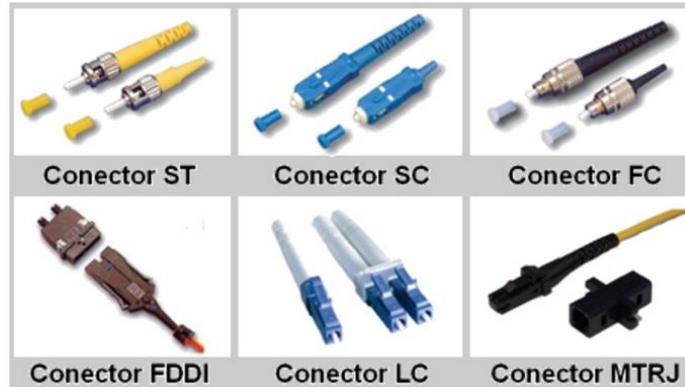


Figura 15. Tipos de conectores ópticos.

Fuente: Recuperado de [http://aprendeainstalar.infored.mx/726442\\_FIBRA--PTICA-Y-CONECTORES.html](http://aprendeainstalar.infored.mx/726442_FIBRA--PTICA-Y-CONECTORES.html)

#### 2.4.1.2.1.3 Patchcords

Se lo utiliza para la conexión entre el ODF y los equipos ópticos. Como se observa en la Figura 16, se presentan mediante cordones con conectores en sus extremos, de constitución simplex o dúplex de alta densidad y estabilidad frente a entornos variables (temperatura, vibraciones, etc.), de longitud variada, diseñados para reducir considerablemente el espacio de las conexiones hacia los armarios o racks. (Palacios, 2013)



Figura 16. Partchcord.

Fuente: Recuperado de <http://www.alfabase.co.th/index.php?lay=show&ac=article&Id=538697057&Ntype=1>

#### *2.4.1.2.1.4 Cable de alimentación*

El cable de alimentación primario lleva la señal de la oficina central o sala de equipos hasta los puntos de distribución, es decir interconecta el ODF con las cajas de empalmes o gabinetes troncales.

El tipo de cable utilizado para alimentación puede ser de tipo Losse Tube o Aéreo, para instalaciones subterráneas o aéreas, la fibra óptica utilizada para el cable de alimentación es monomodo.

#### *2.4.1.2.1.5 Cierre de empalme*

Llamadas también mangas de empalme, sirven para dar continuidad al enlace de fibra, sus capacidades dependen de las características del enlace y pueden ser de 12 hasta 144 hilos con sistemas de aterramiento. Construidas de material resistente a la tensión e impermeable, que permita cierre hermético con los debidos accesorios para la instalación en subsuelo, soportes aéreos y aplicaciones de pedestal. (Palacios, 2013)

Deben permitir realizar empalmes de extremo a extremo o empalmes internos (derivaciones). Tanto en la bandeja como en el cableado dentro del empalme se deben respetar los radios de curvatura. Debe poseer un sistema organizador de bandejas que permita trabajar sobre la fibra de un buffer sin la necesidad de remover las bandejas restantes, además de tarjetas de identificación

para cada bandeja y un sistema de cierre adecuado. La Figura 17, muestra un ejemplo de un cierre de empalme o manga. (Palacios, 2013)



Figura 17. Cierre de empalme.

Fuente: (Palacios, 2013)

Los empalmes pueden ser mecánicos o fundidos y están protegidos frente al entorno por cajas de empalmes. El número de empalmes de un enlace depende de la longitud de las secciones de cable utilizadas (las longitudes de sección típicas son  $\leq 2$  km, 4 km y 6 km). Cuanto más corta es la longitud, más sencillo es el mantenimiento, pero el montaje completo del cable requiere más empalmes más tiempo y más dinero. Por el contrario, la utilización de secciones de cable más largas es menos costosa, pero el mantenimiento posterior es más complicado y caro. (EXFO, 2012)

#### 2.4.1.2.1.6 Splitter óptico

Un splitter o divisor de fibra óptica es un dispositivo pasivo que toma una sola señal óptica y la divide en múltiples señales ópticas. Existen dos tipos de splitter ópticos, los splitter primarios del tipo 2xN en donde se tiene una ruta de respaldo, splitter secundarios del tipo 1xN, siendo N igual a 2, 4, 8, 16, 32, 64, con lo que se puede tener hasta 64 usuarios mediante un hilo de fibra óptica.

Los divisores se consideran pasivos porque no requieren una fuente de energía externa salvo el haz de luz incidente. Son de banda ancha y solo agregan pérdida, principalmente debido al hecho de que dividen la potencia de entrada (de forma descendente). Esta pérdida, conocida como pérdida de divisor o relación de división, se expresa normalmente en dB y depende principalmente de su número de puertos de salida, como se muestra en la Tabla 7. (EXFO, 2012)

**Tabla 7.** Valores de pérdidas de los diferentes tipos de splitter.

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

Fuente: (Saavedra, Capacitación en diseño para el personal técnico de la CNT EP., 2012)

#### *2.4.1.2.1.7 Cable de distribución*

Los cables de distribución llevan la señal desde los centros de distribución o gabinete troncal, hacia las cajas de distribución o NAP (Network Access Point). Estos cables normalmente son auto soportados con núcleo seco para facilitar la instalación. Asociados a estos cables, son utilizados cajas de empalme para derivación de las fibras para una distribución mejorada de la señal.

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

El NAP es el punto de terminación de la red de distribución, es el lugar donde empieza la acometida al abonado, en el NAP se encuentran los splitters de segundo nivel, mediante cierres de empalme o mangas.

#### *2.4.1.2.1.9 Cable drop o Acometida*

Son los cables que llevan la señal óptica desde el NAP hasta el ONT que se encuentra en el domicilio del usuario. Está compuesto por cables ópticos auto soportados de baja cantidad de fibras.

### **2.4.1.3 ONT (Terminal de Red Óptica) / ONU (Unidad de Red Óptica)**

El ONT se encuentra en las instalaciones del cliente. Su propósito es utilizar fibra óptica para la conexión a la red GPON por un lado y la interconexión con los

clientes en el otro lado. Un ONT es compatible con gran variedad de interfaces, dependiendo de los requerimientos de los usuarios por ejemplo:

- ✓ Formatos de video digital.
- ✓ Formatos de video analógicos.
- ✓ Interfaces ATM (155Mbps).
- ✓ Conexiones telefónicas.
- ✓ T1 o E1
- ✓ Varias tasas de Ethernet.

#### **2.4.2 GEM (GPON ENCAPSULATION MODE)**

GPON define el método de encapsulación GEM (GPON Encapsulation Method) para lograr un empaquetamiento eficiente de tráfico de usuario, con segmentación de trama para proveer mejor calidad de servicio (QoS) para un tráfico con retardo sensible tales como aplicaciones de voz y video.

El método de encapsulado de G-PON (GEM, G-PON Encapsulation Method) es similar a otros métodos de entramado de servicios de datos desde el punto de vista de la estructura de trama. Sin embargo, GEM está integrado en la sección de la PON, y es independiente de los tipos de interfaces de nodo de servicio (SNI) que existan en la OLT, o de los tipos de UNI en la ONU. (Recomendación UIT-T G.984.3, 2004)

En la Figura 18, se muestra el formato de la trama GEM, el cual contiene todos los campos de la trama con su respectiva longitud en bits, los mismos que se describen a continuación.

PLI 12 bits	Port ID 12 bits	PTI 3 bits	HEC 13 bits	Fragmento de carga útil L bytes
<i>Indicador de longitud de carga útil</i>		<i>Indicador de tipo de carga útil</i>		G.984.3_F8-14

Figura 18. Formato de la trama GEM.

Fuente: (Recomendación UIT-T G.984.3, 2004)

- **PLI (Payload Length Indicator):** Indica la longitud en bytes, L, del fragmento de carga útil que va a continuación de dicha cabecera. El PLI se utiliza para encontrar el siguiente encabezamiento en el flujo de datos y conseguir así la alineación. El tamaño de 12 bits de este campo permite que los fragmentos puedan ser de hasta 4095 bytes. Si las tramas de datos de usuario son más grandes, deberán descomponerse en fragmentos de menos de 4095 bytes.
- **Port ID (Port Identification):** se utiliza para proporcionar 4096 identificadores de tráfico en la PON y realizar así la multiplexación del tráfico.
- **PTI (Payload Type Indicator):** se utiliza para indicar el tipo de contenido del fragmento de carga útil y su tratamiento más adecuado. Indica si la trama GEM actual es una trama sin fragmentar o si es el final de un fragmento de datos.

- **HEC (Header Error Correction):** proporciona funciones de detección y corrección de errores para el encabezamiento. (International Telecommunication Union, 2004)

### 2.4.3 VIDEO TV SOBRE GPON

GPON permite a los proveedores de servicios ofrecer varios servicios de video como la televisión analógica, televisión digital, IPTV (Televisión Protocolo Internet), servicio VOD (Video bajo Demanda), HDTV (Televisión en alta definición), videoconferencia, con una máxima calidad de servicio.

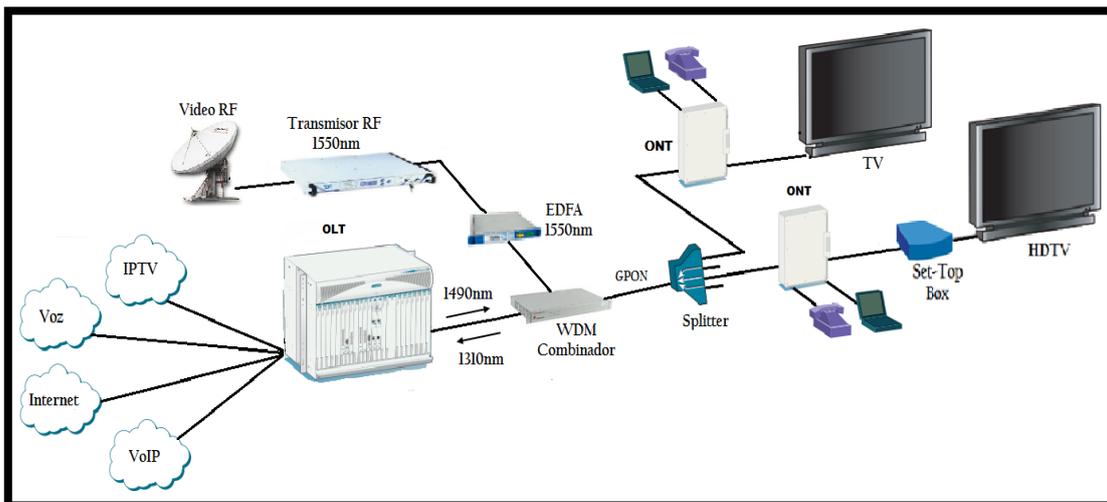


Figura 19. Arquitectura de red FTTH GPON para servicio de Televisión por radio frecuencia e IPTV.

Fuente: El Autor

El servicio de video TV sobre GPON se puede proporcionar mediante dos métodos simultáneamente como se muestra en la Figura 19: La longitud de onda

de 1550nm es usada para el servicio de video TV sobre GPON, el cual se puede proporcionar mediante dos métodos simultáneamente: RF (Radio Frecuencia) a través de la banda de frecuencia de 47 – 870 MH. Para el servicio de video por radio frecuencia se requieren los siguientes elementos.

- Transmisor de RF.
  - EDFA Amplificador.
  - Combinador.
  - ONT.
- 
- **Transmisor de RF:** Este dispositivo se encuentra en la central de comunicaciones, donde las señales son recibidas y moduladas (analógica) o codificadas (digital) en señales RF. Estas señales se combinan y se envían como señales ópticas con longitud de onda de 1550nm.
  - **EDFA (Amplificador de fibra dopada con erbio)** Un EDFA recibe la señal óptica del transmisor y amplifica la señal, por lo que se puede dividir para varias redes GPON, adecuan la señal para entregarla en el televisor del consumidor.
  - **WDM Combinador** Este dispositivo combina las señales ópticas de video con longitud de onda de 1550nm, con las señales de longitud de onda de 1310 y 1490 nm de la OLT de la red GPON, para ser transportadas a través de una sola hebra de fibra en una red GPON.
  - **OTN** La ONT proporciona los servicios al usuario final, recibe las señales y realiza la conversión óptica a eléctrica o viceversa, para los tres rango de

ancho de banda que permite la norma para red GPON como; datos IP en sentido ascendente y descendente, incluyendo las señales IPTV, y las señales de video RF. Las señales de video RF se desmodulan y salen de la ONT a través de una conexión de cable coaxial.

Con IPTV la señal de video se transmite sobre el mismo enlace IP como datos para acceso a Internet de banda ancha. El Set-top-box conectado mediante Gigabit Ethernet al ONT, convertirá de nuevo la cadena de datos en una señal de video. Mediante IPTV y GPON, cuyos equipos incorporan capacidades de QoS y multicast IP avanzadas, los operadores puede ofrecer varios canales de alta calidad de imagen y sonido, incluidos HDTV, así como proporcionar servicios interactivos y personalizados, lo cual no es factible con vídeo RF. (Millán, 2008)

## **2.5 FIBRA ÓPTICA**

La fibra óptica es el medio de transmisión con mayor despliegue en los últimos años, debido a los grandes beneficios que proporciona gracias a sus características como su gran capacidad de transmisión, baja atenuación, inmunidad a interferencias electromagnéticas. Es el medio de transmisión en los sistemas de comunicaciones ópticas.

La demanda por una mayor velocidad de transmisión aumenta significativamente, y con los medios de transmisión como cables de cobre y coaxial

no se puede cubrir tal demanda, por ello se hace necesario el uso de un medio de transmisión de mayor capacidad como es la fibra óptica.

La fibra óptica se compone de capas de vidrio y polímero que actúan juntas para reflejar internamente los pulsos de luz a lo largo de distancias relativamente largas. Los transmisores, tales como los diodos electroluminiscentes (LED) o láseres, se utilizan para lanzar la señal digital como una serie de pulsos de luz. Los receptores o fotodiodos se usan para interpretar los pulsos de luz como una señal digital en la terminal receptora del circuito. (COMMSCOPE, 2013)

La fibra óptica es una guía de ondas cilíndrica que consta de tres partes como se muestra en la Figura 20.

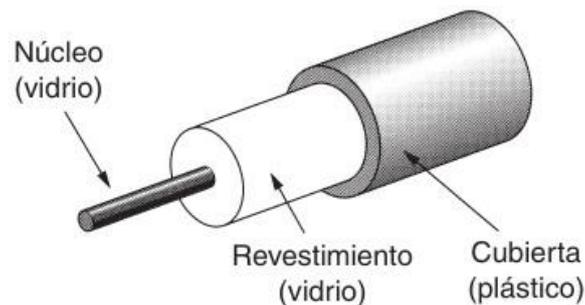


Figura 20. Estructura de la fibra óptica.

Fuente: Recuperado de

[https://es.wikibooks.org/wiki/Planificaci%C3%B3n\\_y\\_Administraci%C3%B3n\\_de\\_Redde/Texto\\_completo](https://es.wikibooks.org/wiki/Planificaci%C3%B3n_y_Administraci%C3%B3n_de_Redde/Texto_completo)

El núcleo (core), es la parte interior de la fibra, está fabricado por una material dieléctrico, normalmente vidrio de sílice ( $\text{SiO}_2$ ) dopado para ajustar su índice de refracción<sup>9</sup>, aunque también se encuentran en el mercado fibras ópticas con el núcleo de plástico o cuarzo fundido. (Grupo Comunicaciones Ópticas, 2006).

El revestimiento, envuelve al núcleo, está fabricado con materiales similares al núcleo pero con un índice de refracción menor, para que se produzca el fenómeno de la reflexión interna total<sup>10</sup>. Gracias a este fenómeno los rayos de luz que entran en la fibra hasta cierto ángulo, quedan confinados en el núcleo de ésta, siendo guiados por la fibra hasta el otro extremo. (Grupo Comunicaciones Ópticas, 2006). La camisa o cubierta, generalmente fabricada en plástico que protege mecánicamente al núcleo y al revestimiento. (Grupo Comunicaciones Ópticas, 2006).

### **2.5.1 TIPOS DE FIBRA ÓPTICA**

La fibra óptica se clasifica de acuerdo al número de modos o rayos de luz que propagan: pueden ser monomodo o multimodo.

---

<sup>9</sup> Índice de refracción: Es la razón o el cociente entre la velocidad de la luz en el vacío y la velocidad de la luz en un medio.

<sup>10</sup> Reflexión interna total: Fenómeno que se produce cuando un rayo de luz atraviesa un medio de índice de refracción menor que el índice de refracción en el que éste se encuentra, se refracta de tal modo que no es capaz de atravesar la superficie entre ambos medios, reflejándose completamente.

### 2.5.1.1 Fibra Óptica Monomodo

Como se observa en la Figura 21, en este tipo de fibra sólo se propaga un modo o rayo de luz, por lo que se evita la dispersión modal, debida a la diferencia de velocidad de propagación de los modos que se transmiten por la fibra. Esto se debe al pequeño tamaño de su núcleo de  $4\mu\text{m}$  a  $10\mu\text{m}$ . Esto dificulta el acoplamiento de la luz, pero permite alcanzar mayores distancias y tasas de transmisión más elevadas que la fibra óptica multimodo. (Grupo Comunicaciones Ópticas, 2006).



Figura 21. Fibra óptica monomodo.

Fuente: Recuperado de <https://sites.google.com/site/sistemasdemultiplexado/arquitecturas-de-las-redes-de-comunicacion-caracteristicas/7-medios-de-transmision-de-datos>

La fibra óptica monomodo es ideal para distancias de transmisión más largas que requieren velocidades de datos mayores. Esto se debe principalmente a la dispersión de señal más baja (dispersión de pulso) y a la pérdida de energía más baja experimentada en la fibra monomodo. La fibra monomodo estándar tiene capacidad de distancias de transmisión de hasta 70 kilómetros (43,8 millas). (COMMSCOPE, 2013)

### 2.5.1.2 Fibra Óptica Multimodo

En la fibra multimodo se propagan varios modos de forma simultánea. El diámetro del núcleo de este tipo de fibras suele ser de  $50\mu\text{m}$  o  $62.5\mu\text{m}$ , por lo que el acoplamiento de la luz es más sencillo que la fibra monomodo. Existen dos tipos de fibras multimodo dependiendo del índice de refracción: fibra óptica multimodo de índice escalonado y gradual.

Por lo general se usa para distancias más cortas de transmisión de hasta 2 kilómetros (1,25 millas). Con su tamaño de núcleo más grande, es ideal para uso con conectores mecánicos y sistemas electrónicos de más bajo costo. La decisión respecto al uso de la fibra monomodo o multimodo por lo general se basa en estos factores. (COMMSCOPE, 2013)

#### 2.5.1.2.1 Fibra Óptica Multimodo de Índice Escalonado

En este tipo de fibras el índice de refracción del núcleo y del revestimiento son uniformes, siendo el índice de refracción del núcleo sensiblemente mayor, por lo que el cambio de índice de refracción al pasar de una zona a otra cambia bruscamente. (Grupo Comunicaciones Ópticas, 2006)

Los diferentes rayos de luz viajan a la misma velocidad dentro del núcleo, pero seguirán diferentes trayectorias como se indica en la Figura 22; debido a que

la distancia que viaja cada rayo es diferente, llegarán al otro extremo de la fibra en tiempos distintos. Esto trae como consecuencia que un pulso transmitido a través de la fibra se ensanche en el tiempo (disperse). Lo que se conoce como dispersión modal.

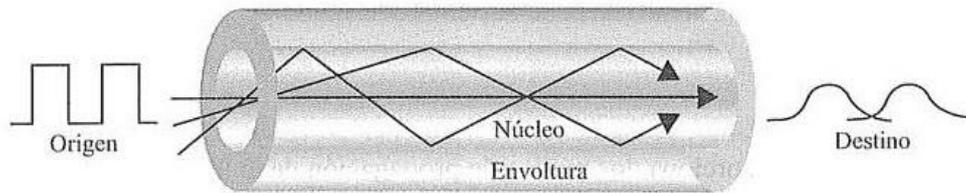


Figura 22. Fibra óptica multimodo de índice escalonado.

Fuente: Recuperado de <https://sites.google.com/site/sistemasdemultiplexado/arquitecturas-de-las-redes-de-comunicacin-caractersticas/7--medios-de-transmision-de-datos>

El diámetro del núcleo de una fibra óptica multimodo de índice escalonado típicamente varía entre 100 y 200  $\mu\text{m}$ . El ancho de banda de estas fibras escasamente alcanza los 100 MHz por Km.

#### 2.5.1.2.2 Fibra Óptica Multimodo de Índice Gradual

En este tipo de fibras el índice de refracción del núcleo varía gradualmente desde el centro del núcleo hasta el revestimiento, como se puede observar en la Figura 23. Con este tipo de fibras se reduce la dispersión modal ya que con ellas se consigue reducir la diferencia de caminos que recorren los distintos modos que se propagan por la fibra. (Grupo Comunicaciones Ópticas, 2006). Por lo que se

consigue mayor ancho de banda de hasta 1 GHz por Km y la máxima velocidad de transmisión alcanzable.

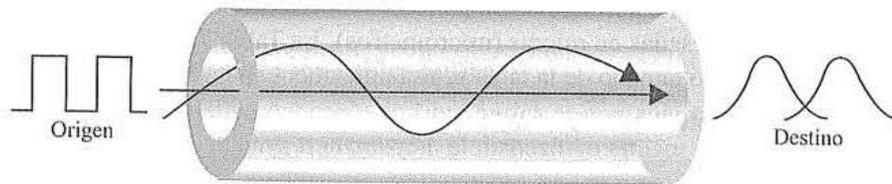


Figura 23. Fibra óptica multimodo de índice gradual.

Fuente: Recuperado de <https://sites.google.com/site/sistemasdemultiplexado/arquitecturas-de-las-redes-de-comunicacion-caracteristicas/7-medios-de-transmision-de-datos>

Fibras ópticas multimodo de índice gradual típicas son: 50/125, 62.5/125 y 85/125  $\mu\text{m}$ ; 125 representa el diámetro del revestimiento.

### 2.5.2 VENTANAS DE TRANSMISIÓN

Las ventanas de transmisión de una fibra óptica son las zonas de atenuación mínima, las mismas que dan lugar a longitudes de onda habituales para trabajar con fibras.

- Primera ventana: longitud de onda 850nm típica. Rango de 820 a 880nm
- Segunda ventana: longitud de onda 1310nm. Rango de 1260 a 1360nm. Tiene menor atenuación que la primera ventana.

- Tercera ventana: longitud de onda 1550nm. Rango de 1530 a 1565nm. Tiene menor atenuación que la segunda ventana.
- Cuarta ventana: longitud de onda 1625nm. Rango de 1565 a 1625nm. La atenuación se disminuye significativamente.
- Quinta ventana: longitud de onda 1470nm. Rango de 1460 a 1530nm. Se disminuyen las pérdidas producidas por absorción de moléculas de agua.

### **2.5.3 PARÁMETROS DE LA FIBRA ÓPTICA**

La fibra óptica tiene parámetros característicos, los cuales darán a conocer las características más importantes de la fibra óptica para determinar sus ventajas y limitaciones. Los parámetros de la fibra óptica se dividen en dos grupos: parámetros estructurales y de transmisión.

#### **2.5.3.1 Parámetros Estructurales**

Los parámetros estructurales determinan la estructura propia de la fibra óptica. Existen varios parámetros estructurales que caracterizan a la fibra óptica.

### 2.5.3.1.1 Perfil de índice de refracción

Define la ley de variación del índice de refracción en sentido radial, dando lugar a las diversas velocidades de la luz en diferentes puntos, lo que permite obtener fibras con diferentes dispersiones

### 2.5.3.1.2 Diámetro del campo modal

Parámetro proporcionado por el fabricante, que especifica el área de la fibra monomodo a través de la cual la luz es guiada e indica cómo se produce la distribución de la luz en el modo propagado.

En la Tabla 8, se indica el rango del diámetro del campo modal para la fibra óptica monomodo, que viene determinado por la longitud de onda, los mismos que se especifican en las recomendaciones ITU-T G.652 e ITU-T G.655.

**Tabla 8.** Diámetro del campo modal para la fibra monomodo.

ESPECIFICACIÓN	LONGITUD DE ONDA	DIÁMETRO DEL CAMPO MODAL
ITU-T G.652	1310nm	8,6 – 9,5 ± 0,7µm
ITU-T G.655	1550nm	8 – 11 ± 0,7 µm

Fuente: (Saavedra, 2013)

#### *2.5.3.1.3 Apertura numérica*

Apertura numérica, indica el número de rayos capaces de entrar en el núcleo de transmisión de una fibra óptica. (Galeano, 2009).

#### *2.5.3.1.4 Dimensiones del núcleo y revestimiento*

Determinan el modo de propagación de los rayos de luz en una fibra óptica: monomodo o multimodo.

#### *2.5.3.1.5 Longitud de onda de corte*

Longitud de onda de corte, que determina que la fibra óptica transmita en un solo modo de propagación únicamente. (Galeano, 2009)

### **2.5.3.2 Parámetros de Transmisión**

Los parámetros de transmisión caracterizan la transmisión de la señal en la fibra óptica. Estos parámetros se dividen en dos tipos: atenuación y dispersión.

#### *2.5.3.2.1 Atenuación*

Es la pérdida de potencia luminosa que sufren los impulsos de luz a lo largo de la fibra. En la fibra óptica la atenuación se presenta por pérdidas que dependen

de la longitud de onda y del material por el que se propaga, éstas pueden ser pérdidas extrínsecas e intrínsecas.

La Figura 24, muestra el nivel de atenuación de la fibra óptica causada por diversos parámetros, como podemos ver la atenuación en la primera ventana es demasiado alta, en la segunda y tercera ventana disminuye considerablemente, es por ello que generalmente se trabaja en la segunda y tercera ventana.

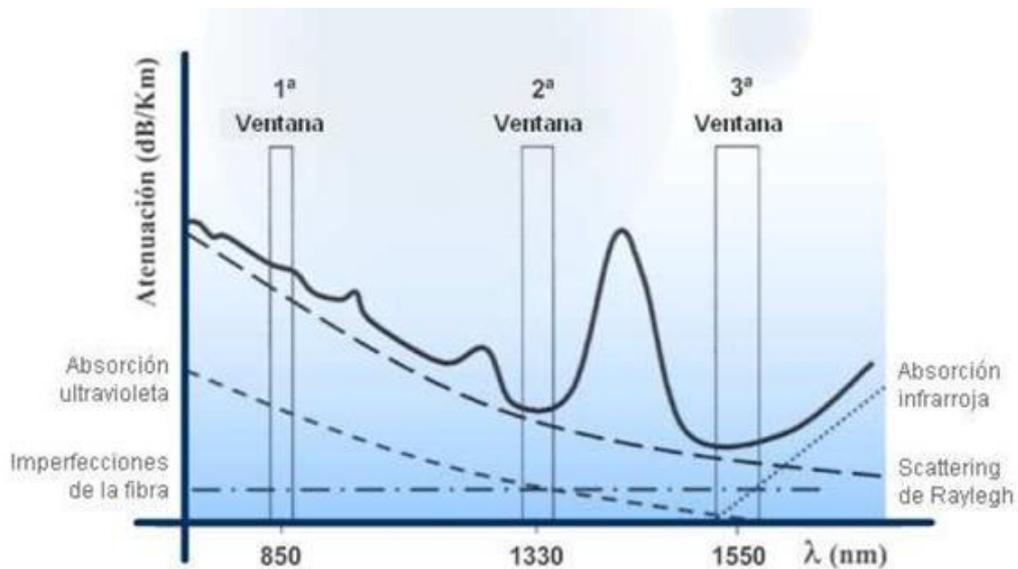


Figura 24. Atenuación de la fibra óptica.

Fuente: Recuperado de <http://fibraoptica.blog.tartanga.net/fundamentos-de-las-fibras-opticas/>

#### 2.5.3.2.1.1 Pérdidas extrínsecas

Este tipo de pérdidas se deben a factores extrínsecos a la naturaleza de las fibras, como lo son los parámetros de curvatura, los empalmes entre fibras ópticas

o los parámetros externos, debidos a la instalación o temperatura a la que se ve sometida la fibra. A consecuencia de estos se producen atenuaciones en la luz que se transmite a lo largo de la fibra, por lo que principalmente producen una pérdida de potencia de la señal a lo largo de la transmisión, disminuyendo el valor de la amplitud de dicha señal. (Galeano, 2009). Existen varios tipos de pérdidas extrínsecas que se detallan a continuación.

#### 2.5.3.2.1.1.1 Pérdidas por macro-curvaturas y micro-curvaturas

Cuando una fibra se somete a una curvatura por bobinado, tendido, etc, se origina una atenuación adicional por el hecho de que se produce un cambio en el ángulo de incidencia en la frontera núcleo – cubierta debido a la curvatura como se puede observar en la Figura 25, cuando esto ocurre se viola el principio de reflexión interna total, y en consecuencia, se produce una fuga de rayos de luz hacia el revestimiento.

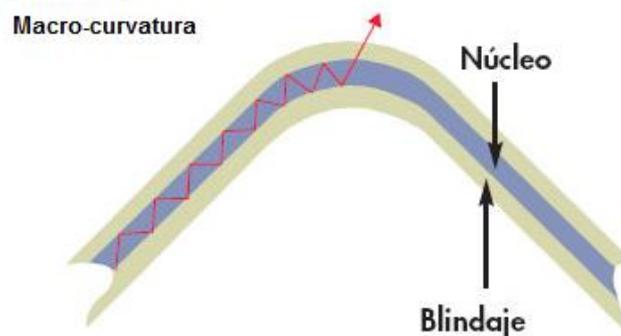


Figura 25. Pérdidas por macro-curvaturas en una fibra óptica.

Como se muestra en la Figura 26, las pérdidas por microcurvaturas son ocasionadas por las irregularidades entre el núcleo y la cubierta de la fibra, variaciones en el diámetro de la fibra y fundamentalmente tortuosidades en el eje de la fibra; fenómenos que son ocasionados por errores o imperfecciones durante el proceso de fabricación de la fibra.

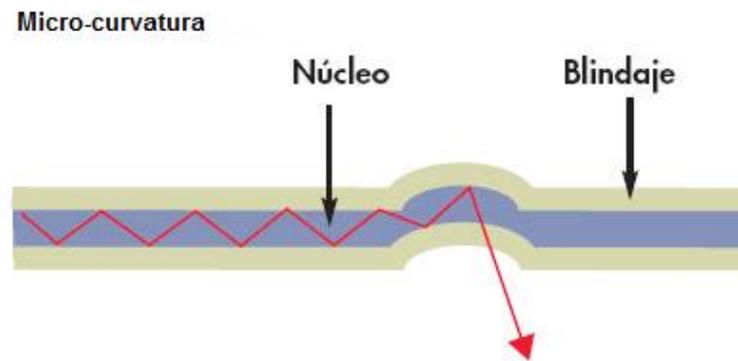


Figura 26. Pérdidas por micro-curvatura en una fibra óptica.

Fuente: Recuperado de <http://fundaredeshernandezchacon.blogspot.com/p/curvatura-de-una-fibra-optica.html>

#### 2.5.3.2.1.1.2 Pérdidas por conexión y empalme

Las pérdidas por conexión y empalme ocurren en todos los empalmes de fibra óptica. Los empalmes mecánicos son los que tiene generalmente mayores pérdidas, y generalmente suponen una pérdida de entre 0,1 y 0,2 dB. (Galeano, 2009).

Los empalmes por fusión entre fibras poseen pérdidas muy bajas, generalmente menores a 0,15 dB. Estas pérdidas se pueden atribuir a un gran

número de factores, incluyendo un mal corte de la fibra, desalineamiento en los núcleos de la fibra, burbujas de aire, contaminación, desadaptación del índice de refracción, desadaptación del diámetro del núcleo, etc. (Galeano, 2009).

Por otra parte las pérdidas de los conectores de fibra óptica están frecuentemente en el rango de entre los 0,3 y 1,5 dB y dependen en gran medida del tipo de conector usado. (Galeano, 2009).

La Figura 27, muestra los tipos de pérdidas que se puede dar por empalmes, éstos pueden ser por corte, desplazamiento lateral, desplazamiento angular, separación e incompatibilidad de núcleos.

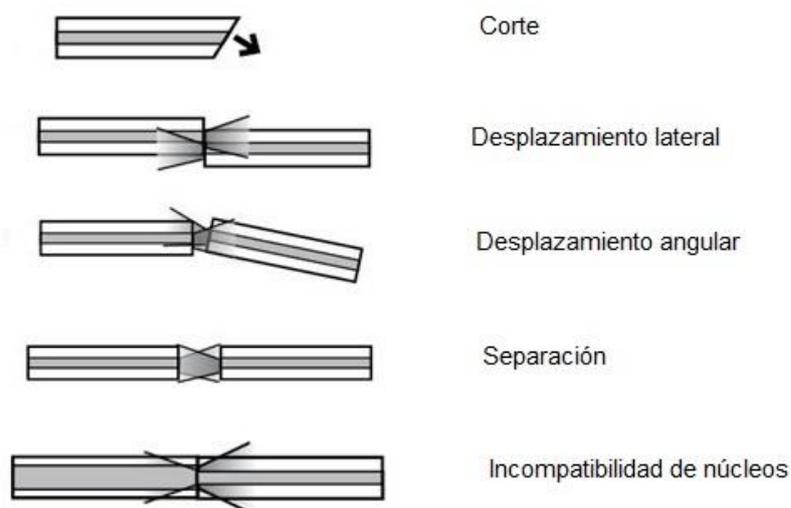


Figura 27. Tipos de pérdidas por empalmes.

Fuente: (Saavedra, 2013)

#### *2.5.3.2.1.1.3 Pérdidas por absorción*

Son pérdidas inherentes a la fibra, no se pueden eliminar durante el proceso de fabricación y se deben a las impurezas en el vidrio y a la absorción de la luz a nivel molecular. Las impurezas en la fibra absorben la luz y la convierten en calor.

Una de las principales causas de las pérdidas por absorción en una fibra óptica es la presencia de iones hidroxilos OH, los cuales constituyen impurezas ocasionadas por partículas de vapor de agua atrapadas en el vidrio durante el proceso de fabricación.

#### *2.5.3.2.1.2 Pérdidas intrínsecas*

Este tipo de pérdidas se deben a factores intrínsecos a la naturaleza de las fibras, y por tanto propios de la fabricación y funcionamiento operacional de las mismas. Como también ocurre con las pérdidas extrínsecas, estas pérdidas originan disminuciones de potencia en la señal transmitida, disminuyendo la amplitud de dicha señal. (Galeano, 2009). Existen varios tipos de pérdidas intrínsecas, los cuales se detallan a continuación.

##### *2.5.3.2.1.2.1 Pérdidas por absorción por rayos ultravioletas e infrarrojos*

Este tipo de pérdida se produce debido a la interacción entre los fotones que viajan por la fibra y las moléculas que constituyen el núcleo. La energía fotónica se

cede en parte a las moléculas de sílice que van encontrando los fotones en su camino, produciendo vibraciones en las mismas. (Galeano, 2009)

La absorción debida a la componente de radiación ultravioleta (UV) de la luz transmitida decrece exponencialmente con la longitud de onda, y es casi despreciable a partir de los 1000nm. La absorción debida a los rayos infrarrojos (IR) se origina por las vibraciones entre átomos de sílice y oxígeno, creciendo exponencialmente con la longitud de onda, pero no es apreciable hasta los 1400nm.

#### *2.5.3.2.1.2.2 Pérdidas por reflexión de Fresnel*

Este tipo de pérdidas se produce en cualquier frontera de un medio donde cambie el índice de refracción. De esta forma, cuando se produce un salto o variación del índice de refracción en el interfaz de unión entre fibras, una pequeña proporción de luz se suele reflejar hacia la fibra transmisora, y por tanto evitando su entrada en el núcleo de la fibra receptora. (Galeano, 2009)

#### *2.5.3.2.1.2.3 Pérdidas por Dispersión (Scattering de Rayleigh)*

Este tipo de pérdidas se produce cuando la luz colisiona en su camino con partículas extrañas al medio continuo por el que se propaga, cuyo diámetro es considerablemente menor que la longitud de onda de la señal transmitida. (Galeano, 2009)

El Scattering de Rayleig es un fenómeno provocado por anomalías físicas, irregularidades submicroscópicas u obstrucciones, que generan variaciones en la densidad del material, las mismas que ocasionan cambios en el índice de refracción, embebidas dentro de la estructura del material del que está hecha una fibra como resultado de las técnicas de fabricación imperfectas, las cuales generan difracción, que causa que la luz se disperse como se indica en la Figura 28, y parte de ella se vaya a la cubierta, los que representa una pérdida.

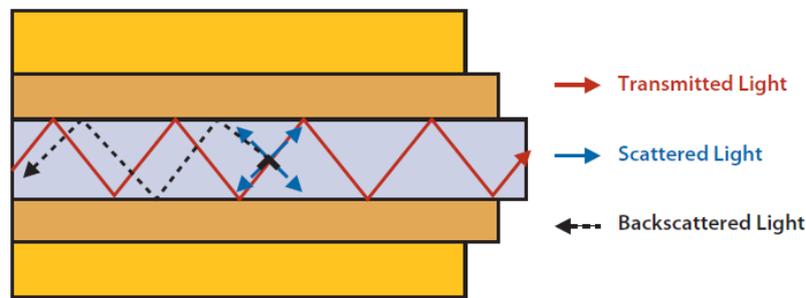


Figura 28. Pérdidas por Scattering en una fibra óptica.

Fuente: (Saavedra, 2013)

#### 2.5.3.2.2 *Dispersión*

La dispersión define la capacidad máxima que, por unidad de longitud, se puede transmitir por una fibra. La dispersión ocurre cuando un pulso de luz se ensancha (dispersa) durante su transmisión por la fibra. La dispersión se divide en tres tipos: dispersión modal, dispersión por polarización del modo y dispersión cromática.

#### *2.5.3.2.2.1 Dispersión modal*

La dispersión modal se presenta en las fibras multimodo, la cual es causada por la presencia de los múltiples modos de propagación de la luz dentro de la fibra, que siguen diferentes trayectorias de transmisión, dando como resultado que los rayos recorran distancias diferentes, haciendo que los mismos lleguen al otro extremo de la fibra en tiempos diferentes.

#### *2.5.3.2.2.2 Dispersión por polarización*

Dispersión por polarización se presenta en las fibras monomodo, los componentes de un modo (horizontal y vertical) se desplazan con diferente velocidad, dado los diferentes valores de índice de refracción que cada componente ve, llegando por tanto al otro extremos de la fibra en tiempos distintos.

#### *2.5.3.2.2.3 Dispersión cromática*

El fenómeno de la dispersión cromática surge como consecuencia de dos motivos: la dispersión del material y la dispersión de guía de onda, que se detallan a continuación.

##### *2.5.3.2.2.3.1 Dispersión del material*

La dispersión del material es una característica inherente del material que no puede ser fácilmente modificada sin alterar la composición del vidrio y sin aumentar

la atenuación. Esta dispersión es consecuencia de la variación del índice de refracción con la longitud de onda de la luz en la fibra (y por tanto depende de la frecuencia). Debido a que la fuente de luz está compuesta de un espectro con más de una longitud de onda, los haces de luz de diferente longitud de onda viajan a diferentes velocidades, dando como resultado un ensanchamiento del pulso. (Galeano, 2009)

#### *2.5.3.2.2.3.2 Dispersión de guía de onda*

La dispersión producida por la guía de onda se debe a la anchura espectral de la fuente de luz, cuando el índice de refracción permanece constante. La razón de esto es que la geometría de la fibra causa que la constante de propagación de cada modo cambie con la longitud de onda de la luz. La potencia de un modo o rayo se propaga parcialmente por el núcleo y parcialmente por el revestimiento. (Galeano, 2009)

### **2.5.4 VENTAJAS DE LA FIBRA ÓPTICA FRENTE AL CABLE DE COBRE**

- Los sistemas de fibra óptica tienen mayor capacidad debido al gran ancho de banda en el orden de los THz.
- Son inmunes a la interferencia electromagnética presente en los cables metálicos, causada por inducción magnética.

- Los cables de fibra óptica son inmunes a la interferencia estática causada por relámpagos, motores eléctricos, luces fluorescentes, y otras fuentes de ruido eléctrico.
- Operan sobre un amplio rango de variación de temperatura (-55°C a 85°C) en comparación con los cables metálicos; gran resistencia al calor o frío, aumentando su tiempo de vida útil.
- Las fibras ópticas son más pequeñas y livianas que sus contrapartes metálicas, más fáciles de manipular y operar, requieren menos espacio físico y son más baratas de transportar.
- Los cables de fibra óptica tienen una atenuación muy pequeña, mayor distancia sin requerir elementos activos (repetidores o regeneradores) intermedios.
- Son más seguros que sus contrapartes de cobre, la intrusión en una fibra óptica es fácilmente detectable por el debilitamiento de la energía luminosa en el receptor.
- Tienen gran resistencia a la corrosión, son menos afectados por líquidos corrosivos o gases.
- Al no existir voltajes y corrientes eléctricas asociadas a ellos, pueden usarse cerca de líquidos y gases volátiles sin que produzcan explosiones o fuegos.
- Los sistemas de comunicaciones por fibra óptica bien diseñados se pueden expandir fácilmente, cambiando la electrónica, pudiendo utilizarse el mismo cable de fibra óptica.
- El material con que se fabrica la fibra óptica, la sílice, es el más abundante en la tierra.

### **2.5.5 DESVENTAJAS DE LA FIBRA ÓPTICA**

- El proceso de conversión eléctrico óptico requerido en un sistema de comunicación con fibra óptica implica un costo a considerarse y además un limitante en términos de velocidad de transmisión.
- El mantenimiento, instalación y reparación de los sistemas de fibra óptica es más costoso y difícil que los sistemas metálicos, pues se requiere de mucha limpieza y los conectores son muy sensibles.
- Los equipos terminales aún son demasiado costosos, el cable de fibra óptica es más caro que el metálico. Aunque se proyecta a largo plazo una disminución drástica de su costo.
- Necesidad de personal y equipo especializado para instalación, reparación y mantenimiento de los sistemas de fibra óptica.

## **CAPÍTULO III**

### **DISEÑO TÉCNICO**

#### **3.1 INTRODUCCIÓN**

En este capítulo se desarrolla el diseño de la red de acceso, para lo cual se realizará una indagación de los requerimientos para implementar una red con tecnología GPON en el sector centro de la ciudad de Tulcán, para posteriormente efectuar el diseño técnico de la red de acceso FTTH utilizando tecnología GPON, para ello se hará un estudio del área y equipamiento necesario, tomando en cuenta el cálculo del enlace y dependiendo de la demanda de usuarios.

#### **3.2 SECTOR EN EL QUE SE BRINDARÁ EL SERVICIO**

Se eligió el sector centro de la ciudad de Tulcán debido a que es el sitio donde se encuentra el mayor número de clientes de la empresa CINECABLE TV, además de ser éste el sector donde se encuentra ubicada la matriz a nivel nacional, por lo que se desea empezar en este sector para en un futuro implementar el proyecto en otros lugares.

El diseño que se realiza para este sector tiene como finalidad brindar los servicios de audio y video por suscripción (televisión por cable) e internet integrados, el cual podrá cumplir con los requerimientos que los usuarios deseen, incrementando la flexibilidad, dentro de una estructura a prueba de aplicaciones futuras.



Figura 29. Sector en el que se brindará el servicio FTTH.

Fuente: Propia.

En la zona urbana se encuentran las parroquias: González Suárez, Tulcán. Aunque su área urbana es pequeña, está densamente habitada, en un 47 por ciento de población cantonal.

Tulcán fue reconocido como Cantón el 11 de Abril de 1.851. Ha venido transformando sus estructuras sociales, culturales, económicas, urbanísticas, etc. El Cantón Tulcán está integrado por la cabecera cantonal del mismo nombre y por once parroquias: dos urbanas y nueve rurales, con una superficie de 1.677,8 Km<sup>2</sup>. Sus límites son:

- ✓ Al norte Colombia, la ciudad de Ipiales.
- ✓ Al sur con los cantones Huaca, Montúfar, Espejo y Mira
- ✓ Al este con Colombia y la provincia de Sucumbíos
- ✓ Al oeste con Colombia, y la provincia de Esmeraldas

### **3.3 DEMANDA DE USUARIOS**

En el sector centro de la ciudad de Tulcán se encuentra ubicada la matriz de la empresa CINE CABLE TV, la cual ha venido brindando el servicio de audio y video por suscripción por más de veinte años, por lo que se ha mantenido en crecimiento debido a la gran demanda de usuarios que requieren de los servicios que la empresa proporciona, por ende su crecimiento se ha hecho notorio ya que cuentan con sucursales en varios sectores del país.

Según los datos estadísticos de Suscripciones de TV Paga publicado en Noviembre de 2015 por la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones hasta Junio de 2016 la empresa Cine Cable TV cuenta con un

total de 2999 suscriptores en la provincia del Carchi, siendo así el mayor proveedor del servicio de televisión por cable en dicha provincia.

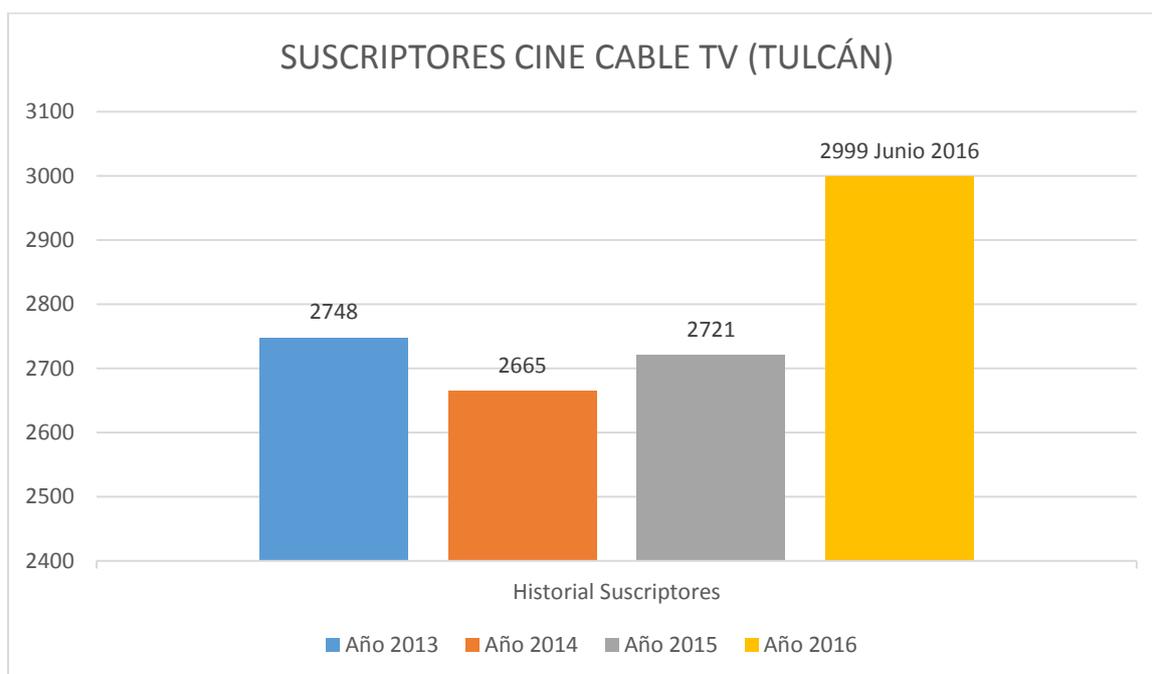


Figura 30. Historial suscriptores empresa CINE CABLE TV Tucán.

Fuente: Propia

La Figura 30, muestra el número de suscriptores que ha tenido la empresa desde el año 2013 hasta Junio del año 2016, para el año 2013 con un total de 2748 suscriptores, en el año 2014 se obtuvo un decrecimiento que se superó en el año 2015 y para inicios del año 2016 se tuvo un crecimiento con un total de 2999 suscriptores en la ciudad de Tulcán.

De acuerdo al “El Plan de marketing de las empresas de televisión por cable y su posicionamiento en el mercado de la provincia del Carchi” elaborado por Leidy Ramírez, según encuestas realizadas, en la ciudad de Tulcán la empresa CINE CABLE TV tiene preferencia de la mayoría de la población en relación a otras operadoras de televisión por cable debido a que ofrecen variedad en el servicio, brindar un servicio de calidad, además de llevar mucho tiempo en el mercado y por ende ser la más reconocida en el sector.

Según información proporcionada por la empresa en la parroquia de Tulcán de la ciudad de Tulcán, se encuentran 1500 abonados que utilizan el servicio doble play (televisión por cable más internet), de los cuales 500 se ubican en el sector centro. El uso de los servicios que proporciona la empresa se encuentra en el siguiente rango: el 80% del total de abonados utiliza el plan residencial, y el 20% utiliza el plan corporativo; por lo tanto, se realizará el diseño para un total de 500 abonados.

Inicialmente se proyecta tener un traslado de la mitad de usuarios actuales para el primer año y al tercer año se plantea la totalidad de usuarios a la red de acceso FTTH mediante tecnología GPON, ya que al ser la empresa más reconocida en el sector, es la preferida por la mayoría de la población de la ciudad de Tulcán, y al contar con una nueva infraestructura de red muy avanzada con tecnología de punta habrá más interés de los usuarios por adquirir el acceso a los servicios que proporciona la empresa mediante la tecnología FTTH - GPON.

### 3.4 TIPO DE INSTALACIÓN PARA EL TENDIDO DEL CABLE DE FIBRA ÓPTICA

Un aspecto muy importante a considerar para el diseño de este proyecto es la forma en la que se desplegará el cable de fibra óptica, lo cual se puede realizar de dos formas: instalación aérea o subterránea.

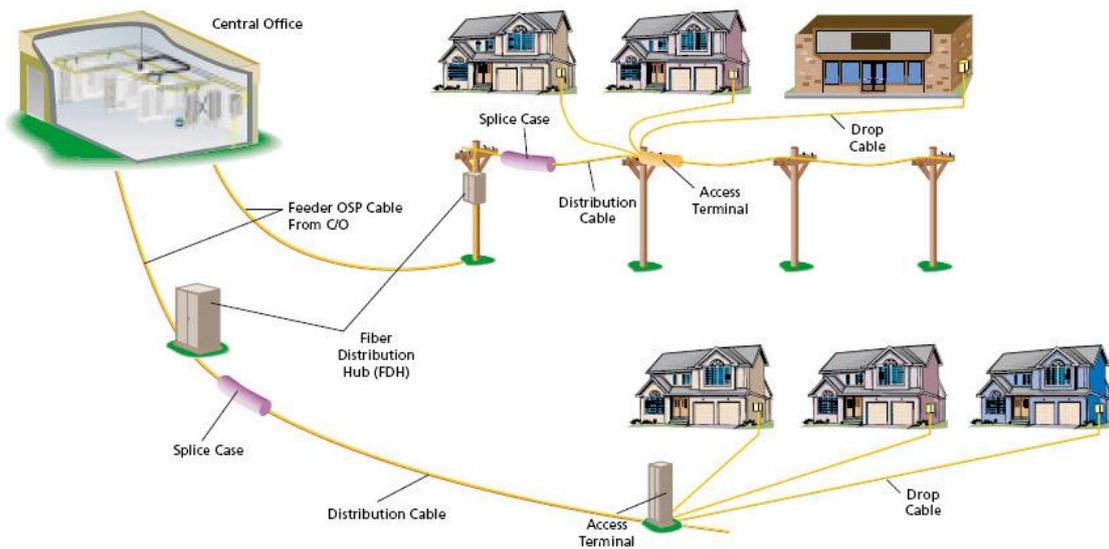


Figura 31. Instalación aérea y subterránea de la red de acceso FTTH.

Fuente: (EXFO, 2012)

#### 3.4.1 INSTALACIÓN AÉREA

Este tipo de instalación sigue su recorrido por postes. Se utiliza para aplicaciones en postiería existente o proyectada, ya sea en zonas urbanas, ciudades o para enlaces entre ciudades o en zonas rurales. En una instalación

aérea se pueden utilizar cables específicos tales como el cable aéreo tipo figura 8 o el ADSS<sup>11</sup>.

### **3.4.2 INSTALACIÓN SUBTERRÁNEA**

Una instalación subterránea puede realizarse de dos formas: puede ser como una red canalizada o una red directamente enterrada.

#### **3.4.2.1 Red Canalizada**

La red canalizada es aquella que sigue su recorrido por una canalización preexistente y las interconexiones se dan en pozos de revisión. Usa cables específicos para esta aplicación tales como el cable armado y se usa regularmente en zonas urbanas o ciudades.

#### **3.4.2.2 Red directamente enterrada**

La red directamente enterrada es aquella en la cual se usa subductos (mono, sub o triductos), los mismos que son guiados por una tubería de PVC y dentro de esos ductos se pasa la fibra. La tubería de PVC va directamente enterrada en una zanja. Esto implica el uso de marcadores electrónicos, cámaras de paso y cinta de advertencia. Se usa fibra armada y para el paso de la fibra se puede usar jalado o

---

<sup>11</sup> ADSS: All Dielectric Self Supported (Cable Auto Soportado Completamente Dieléctrico). Se utiliza para tendido aéreo.

soplado. Existen casos en los que se entierra directamente a la fibra, para bajar costos. Esto suele usarse en el oriente o para tramos cortos. Se usa fibra armada.

El despliegue del cable de fibra óptica para el diseño de este proyecto se lo realizará basándose en la instalación aérea, debido a que la empresa CINECABLE TV cuenta con el permiso necesario para la instalación de redes de este tipo, además de a las ventajas que presenta frente a una instalación subterránea, las cuales se presentan a continuación.

- Presenta bajo costo de instalación.
- Es fácilmente accesible para su mantenimiento.
- No se necesitan herramientas especiales para su instalación.
- Fácil acceso para movimientos, actualizaciones o cambios.

### **3.5 ANCHO DE BANDA REQUERIDO**

El ancho de banda de la televisión depende del formato de compresión o la definición de la imagen que se va a transmitir. Existen dos tipos de definición:

- Definición estándar (SDTV, por sus siglas en inglés Standard Definition TV).
- Alta definición (HDTV, por sus siglas en inglés High Definition TV).

Utilizando el formato de compresión MPEG 4 (Moving Definition Rxperts Group), para un canal de televisión en definición estándar SDTV, será necesario tener una conexión de 1.5 Mbps y para un canal de HDTV una conexión de 8 Mbps, si se transmiten varios canales distintos, como por ejemplo para más de un televisor en el abonado, se necesita más ancho de banda. (ICF NEWS, 2007)

La Tabla 9, muestra el ancho de banda que se requiere para los distintos tipos de compresión para el servicio de televisión digital.

**Tabla 9.** Ancho de banda para televisión digital.

<b>VELOCIDAD POR CANAL</b>	<b>RANGO (Mbps)</b>	<b>VELOCIDAD TÍPICA (Mbps)</b>
<b>SDTV con MPEG-2</b>	2 a 5	3
<b>SDTV con MPEG-4</b>	1.5 a 2	1.5
<b>HDTV con MPEG-2</b>	15 a 20	16
<b>HDTV con MPEG-4</b>	5 a 10	8

Fuente: (ICF NEWS, 2007)

Actualmente existe una demanda en servicios de televisión de alta definición por parte de los usuarios, debido al aumento del porcentaje en la adquisición de

televisores HDTV en los hogares. También existe la posibilidad de que los abonados deseen ver un programa HDTV mientras recibe o graba otro ya sea en HD o SD. Por tal razón, se añade el ancho de banda para canales SDTV y HDTV simultáneos para determinar el requerimiento por cada abonado.

Por ejemplo para 3 canales de SDTV se necesitan 4.5 Mbps o bien 11 Mbps para dos canales de SDTV y un canal HDTV por lo menos. A este ancho de banda hay que sumar el necesario para la conexión de internet. (ICF NEWS, 2007)

Considerando que se tienen clientes residenciales y corporativos, y tomando como referencia la velocidad de transmisión mínima que ofrece la empresa; el ancho de banda requerido para brindar el servicio de internet y televisión se muestra en la Tabla 10.

**Tabla 10.** Ancho de banda requerido para el servicios de internet y televisión.

<b>ANCHO DE BANDA REQUERIDO PARA EL SERVICIO DE INTERNET Y TELEVISIÓN</b>									
<b>Internet</b>		2.2 Mbps			<b>Internet</b>		2.2 Mbps		
<b>2</b>	<b>Canales</b>	<b>SDTV</b>	<b>con</b>	<b>6 Mbps</b>	<b>2</b>	<b>Canales</b>	<b>SDTV</b>	<b>con</b>	<b>3 Mbps</b>
<b>Mpeg-2</b>					<b>Mpeg-4</b>				

<b>1 Canal HDTV con Mpeg-2</b>	16 Mbps	<b>1 Canal HDTV con Mpeg-4</b>	8 Mbps
<b>Total</b>	24.2 Mbps	<b>Total</b>	13.2 Mbps

Fuente: (ICF NEWS, 2007)

### 3.6 COMPONENTES DE LA RED

A continuación se realiza la selección de los componentes de la red según la arquitectura de una red FTTH – GPON, así como también la ubicación de los mismos de acuerdo al diseño de la red propuesto.

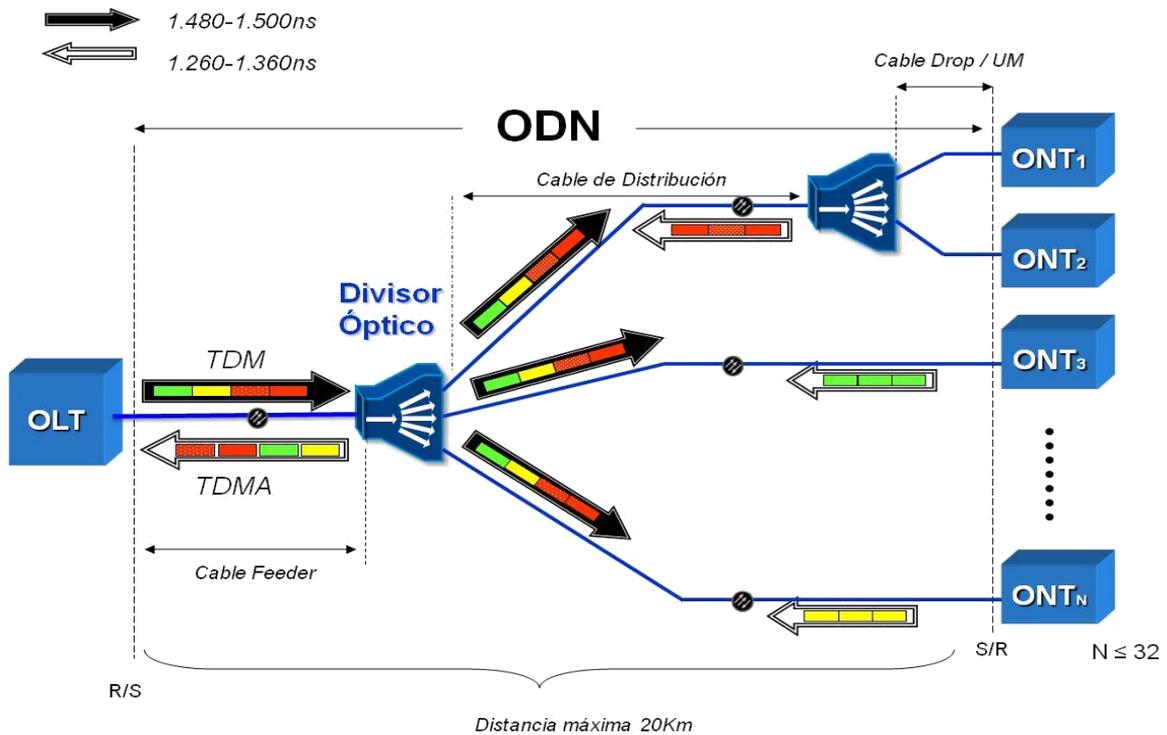


Figura 32. Componentes de la red FTTH-GPON.

Fuente: (Saavedra, Capacitación en diseño para el personal técnico de la CNT EP., 2012)

Sala de Equipos/Cabecera: local donde están instalados el equipo de transmisión óptica (OLT) y el Distribuidor Óptico General (DGO) responsable por la transición entre el equipo de transmisión y los cables ópticos troncales de transmisión.

### **3.6.1 SELECCIÓN DEL TIPO DE CABLE DE FIBRA ÓPTICA**

Para la elección de la fibra óptica se deben tomar en cuenta los parámetros como atenuación y dispersión. De esta manera se hace más aconsejable utilizar la fibra óptica monomodo ya que es la adecuada para brindar el servicio de CATV, debido a que permite operar en las ventanas de transmisión de 1300 a 1550 nm, además presenta muy baja atenuación, y mayor capacidad de transmisión que la fibra óptica multimodo.

Para el tendido aéreo se utilizará cable de fibra óptica monomodo de acuerdo a la recomendación ITU-T G.652.D de tipo ADSS, de 48 hilos de fibra, debido a que presenta alta confiabilidad, fácil mantenimiento, bajo costo de instalación y fácil acceso a las fibras ópticas, además de ser el cable con el que la empresa CINE CABLE TV actualmente opera en su red HFC.

Se utilizará fibra monomodo de acuerdo a la recomendación ITU-T G.657 para la conexión de los equipos de la oficina central y los equipos de usuario, debido

a que presenta menores pérdidas en aplicaciones con WDM, éste tipo de fibra es totalmente compatible con la fibra ITU-T G.652.D

### **2.5.2 TRANSMISOR RF**

Actualmente los operadores de CATV utilizan transmisores RF con longitud de onda de 1310 donde reciben la señal de televisión, para luego ser moduladas o codificadas y posteriormente ser enviadas mediante cable coaxial.

Para la transmisión de la señal de televisión en una red de acceso FTTH se requiere de un transmisor que opere con longitud de onda de 1550nm, ya que GPON establece esta longitud de onda para la transmisión de señales de video.

El transmisor RF estará ubicado en el nodo central de la ciudad de Tulcán, que se encuentra en la calle Bolívar, entre Junín y Ayacucho, donde se reciben las señales satelitales de los diferentes canales de televisión. Este se conectará a su vez con un EDFA como se muestra en la Figura 44, mediante un patch cord de fibra de acuerdo a la recomendación ITU-T G.657.

La Figura 33, muestra un Transmisor RF que opera en 1550nm, los requerimientos para la selección de un transmisor RF son las siguientes:

- Fuente de alimentación dual y función AGC<sup>12</sup> como características estándar.
- Alta calidad: tecnología de control óptimo del sistema original, RF conducción amplificador y control de circuito.
- Fiabilidad: fuente de alimentación conmutada de alto rendimiento
- Potencia óptica: 10 dBm
- Gestión de red (opcional): puerto RS232 para la gestión local y la vigilancia, puerto RJ45 para el control y gestión remota.



Figura 33. Transmisor RF 1550nm.

Fuente: Recuperado de <http://www.fiberoptictel.com/product/optical-transmitter-edfa/fot-imot-1550t-optical-transmitter/>

Las especificaciones técnicas del equipo seleccionado para el proyecto se encuentran en el ANEXO B.

---

<sup>12</sup> AGC: Automatic Gain Control (Control Automático de Ganancia) Para el ajuste de la potencia de salida del transmisor cuando el transmisor está en modo de AGC.

### 2.5.3 EDFA

El EDFA se encuentra ubicado en el nodo central, el mismo que se conectará con el transmisor RF para recibir la señal de video y amplificarla como se observa en la Figura 44, el cual posteriormente transmitirá la señal con longitud de onda de 1550nm.

### 2.5.4 WDM

Se utiliza la multiplexación por división de tiempo para transmitir las señales tanto ascendente y descendente desde el OLT hacia la ONT. Las señales de voz y datos en sentido ascendente y descendente y la señal de video en sentido descendente se combinan para ser transmitidas hacia el usuario por un solo hilo de fibra, las cuales posteriormente serán distribuidas mediante splitters ópticos.

Existen dispositivos que incluyen EDFA y WDM en un solo dispositivo que combina las señales que provienen del transmisor óptico 1550nm (CATV), con las señales provenientes del OLT 1310/149 (voz, datos). La Figura 34, muestra un dispositivo EDFA con WDM, los requerimientos para la selección del EDFA, son los siguientes:

- Bajo nivel de ruido y de alto rendimiento.
- Potencia total de salida: ~ 4000 MW 400.
- 8 ~ 32 puertos ópticos de enlace ascendente, para OLT.

- Puerto óptico de salida de 8 ~ 32 1550, aumentando flujo de datos de 1310/1490
- Completado con RJ45 para SNMP.

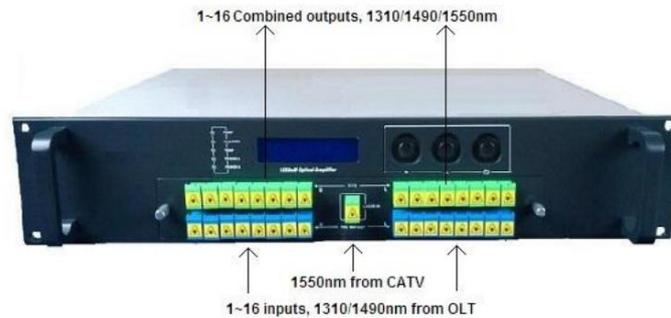


Figura 34. EDFA con WDM.

Fuente: Recuperado de [http://fullwell-optic.en.alibaba.com/product/864276755-218663942/16\\_ports\\_PON\\_catv\\_EDFA\\_combiner\\_WDM\\_EDFA.html](http://fullwell-optic.en.alibaba.com/product/864276755-218663942/16_ports_PON_catv_EDFA_combiner_WDM_EDFA.html)

Las especificaciones técnicas del equipo EDFA con WDM seleccionado se encuentran en el ANEXO C.

### 2.5.5 SELECCIÓN DEL OLT

El OLT será ubicado en el nodo central, ya que es ahí donde llega la fibra óptica del proveedor. Éste será el encargado de gestionar el tráfico de información que va en dirección al ONT del usuario o el tráfico que proviene del mismo.

Las señales que se transmitirán por el OLT serán de voz y datos en canal ascendente y descendente, que se transmiten en diferentes longitudes de onda 1310nm y 4190nm respectivamente. El OLT se conectará con el EDFA con WDM en donde se combinarán las señales de voz y datos en sentido ascendente y descendente con la señal de video con longitud de onda de 1550nm como se muestra en la figura 44.

Para el diseño se requiere de un OLT de 8 puertos ya que cada puerto OLT permite dar servicio hasta 64 usuarios, por lo tanto, debido a la demanda del total de 500 usuarios se hace necesario un OLT con 8 puertos, teniendo un total de 512 abonados.

Según la norma ITU – G.948.2 se deben considerar las siguientes características para seleccionar adecuadamente el OLT.

- Potencia de lanzamiento media máxima = 1.5 dBm
- Potencia de lanzamiento media mínima = 5 dBm
- Sensibilidad mínima = -28 dBm

La Figura 35, muestra un OLT de 8 puertos GPON que se utilizará en el diseño de la red de acceso, los requerimientos para la selección del OLT son los siguientes:

- 8 puertos GPON, apoyo 512 suscriptores, rendimiento ~ 44M de suscriptor promedio (1:64)
- 4x SFP<sup>13</sup> / 2x 10G SFP + para enlaces ascendentes Ethernet
- Bajo consumo de energía, alrededor de 50W con carga completa, 0.1W por suscriptor
- Soporte robusto de gestión del tráfico
- Soporte telnet, web-basado en banda y fuera de banda de gestión.



Figura 35. OLT 8 puertos GPON.

Fuente: Recuperado de <http://www.softel-optic.com/p/?aid=24&bid=150&GPON-OLT.html>

Las especificaciones técnicas del equipo OLT seleccionado para el proyecto se encuentran en el ANEXO A.

### 2.5.6 SELECCIÓN Y UBICACIÓN DE LOS SPLITTERS

Para la comunicación entre el OLT y el ONT se emplean splitters o divisores ópticos, los cuales reciben la señal desde el OLT y la dividen en múltiples señales

---

<sup>13</sup> SFP: Un SFP, definido como small form-factor pluggable, es un transceptor insertable en caliente que se emplea para servir de interface entre un equipo de comunicaciones (switch, router, conversor de medios) y un enlace por fibra óptica.

que se transmiten por los puertos de salida del splitter hacia el ONT, permitiendo así tener múltiples usuarios mediante una sola fibra.

Se necesitan dos niveles de splitter para la distribución de la red, los cuales se ubicarán en cabinas exteriores, debido a que esta técnica presenta menores costos de implementación por abonado y además se logra cubrir mayores distancias, permitiendo brindar servicios a más usuarios.

Para el presente diseño se requerirá 8 splitters para el primer nivel, el cual será de 1:8, los mismos que se encontrarán instalados en la oficina central, éstos se conectan con el dispositivo EDFA WDM y conectados con el ODF para salir hacia el exterior como se observa en la Figura 44.

Para el segundo nivel de splitter se utilizarán de 1:8 para lo cual se requerirán un total de 64 splitters, con esto se tendrá un total de 64 usuarios por cada hilo de fibra óptica. La cantidad máxima de usuarios que se permiten es de 64 abonados por cada hilo de fibra óptica.

Los splitters de segundo nivel se ubicarán dentro de una de las cajas de terminación de red o NAP que estarán ubicadas en puntos estratégicos en el exterior como se puede observar en el ANEXO F. Cada NAP contendrá dos splitter

de 1:8, por lo que se requerirán 32 cajas de terminación de red, que se ubicarán en postes.

### **2.5.7 SELECCIÓN DEL ONT**

Para la selección del ONT se debe tomar en cuenta los diferentes tipos de servicios que se recibirán en el abonado, para este diseño se debe seleccionar un ONT que contenga un puerto para la transmisión de RF para el servicio de televisión analógica.

El ONT se conectará con el splitter de segundo nivel que estará ubicado en la caja de terminación de red o NAP a través del cable DROP (Véase Figura 44), posteriormente se conectarán los dispositivos de usuario final de acuerdo a los servicios que disponga cada ONT.

Según la norma ITU – G.948.2 se deben considerar la sensibilidad mínima del dispositivo ONT = -28 dBm para seleccionar adecuadamente el ONT. La Figura 36, los requerimientos necesarios para la selección del ONT son:

- Soporte IPTV
- Soporte VoIP
- Soporte para vídeo RF
- Interfaz gráfica de usuario Web

- - 28dB sensibilidad óptica



Figura 36. ONT con WIFI y puerto para CATV.

Fuente: Recuperado de <http://www1.huawei.com/en/products/fixed-access/fttx/ont/hg8447/index.htm>

Las características técnicas del ONT seleccionado para el proyecto se encuentran en el ANEXO D.

### **3.7 DISEÑO DE LA RED DE ACCESO FTTH**

Para el diseño de la red de acceso FTTH se toma en cuenta la infraestructura de la red actual de la empresa, y posteriormente se realiza un diseño en base a la arquitectura de una red FTTH – GPON, la cual brindará servicios a un total de 500 abonados ubicados en el sector centro de la ciudad de Tulcán.

#### **3.7.1 RED ACTUAL DE CINE CABLE TV**

La infraestructura de la red HFC de la empresa CINE CABLE TV, consta de 4 cables troncales de 48 hilos de fibra óptica de tipo ADSS, dos cables en dirección Norte y dos cables en dirección Sur, que son distribuidos de forma aérea mediante

postes, los cuales llevan la señal hacia los nodos ópticos. El diseño de la red actual se presenta en el ANEXO E.

Posee 25 nodos ópticos, donde la señal recibida pasa de óptica a eléctrica y posteriormente se distribuye hacia los hogares mediante cable coaxial, dando cobertura a toda la ciudad de Tulcán.



Figura 37. Diseño actual de la red HFC de la empresa CINE CABLE TV.

Fuente: Empresa CINE CABLE TV.

### 3.7.2 DISEÑO DE LA RED PROPUESTO

Para el diseño de la red se dividió el sector centro de la ciudad de Tulcán en 4 zonas de cobertura como se muestra en la Figura 38, para facilitar la distribución de la infraestructura de la red de acceso FTTH.



Figura 38. Zonas de cobertura.

Fuente: El Autor.

Tomando en cuenta la infraestructura actual de la empresa, se utilizan los cables de fibra óptica ADSS que se encuentran instalados. De los cuales se utilizarán 16 hilos de fibra por cada zona.

Se escogió la topología con splitters en cascada, debido a que presenta mayor eficiencia ya que se puede brindar servicios a más cantidad de usuarios, además de tener bajo costo de instalación.

En cada zona se encuentran 2 splitters primarios de 1:8 y 16 splitters secundarios de 1:8, los mismos que se encuentran dentro del NAP de 16 puertos distribuidos 2 splitters de 1:8 por cada NAP, permitiendo dar servicio a 16 usuarios por cada NAP, todas las zonas tienen esta distribución debido a que el sector centro de la ciudad de Tulcán está en un sector urbano completamente poblado, por lo que la densidad de usuarios es la misma en todas las zonas.

La Figura 39, muestra el diseño de la red propuesta, realizado en la plataforma AUTOCAD (Ver ANEXO F), desde el OLT que se encuentra ubicado en el nodo central y la distribución de splitters secundarios. Este diseño permite ofrecer los servicios de la empresa CINE CABLE TV a todo el sector centro de la ciudad de Tulcán.

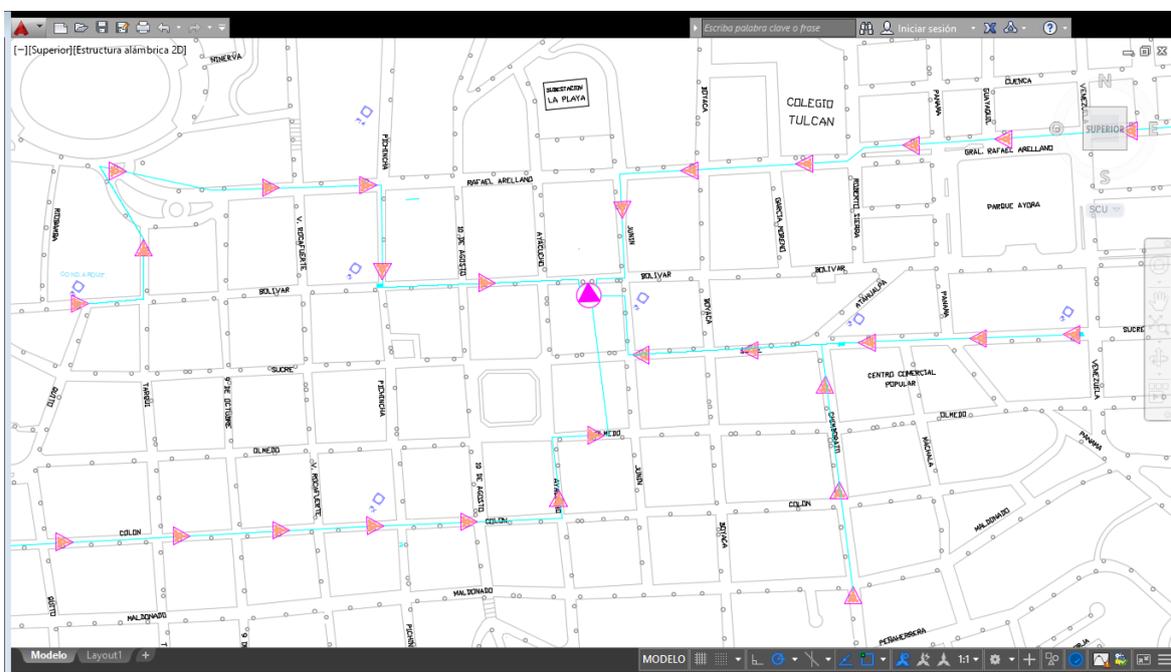


Figura 39. Diseño de la Red de acceso FTTH propuesta.

Fuente: El Autor

En la ZONA 1 se realiza el tendido de cable de fibra óptica ADSS de 48 hilos, desde el ODF instalado en el nodo central, ubicado en las calles Bolívar y Junín, hacia el la caja terminal de red NAP1 ubicado en las calles Junín y Rafael Arellano, que contiene dos splitter de 1:8 a una distancia aproximada de 125 metros, posteriormente se realiza un sangrado de fibra óptica que consiste en usar los hilos que se necesitan, sin la necesidad de cortar los demás hilos, para así dar continuidad con el cable de fibra óptica de distribución. El enlace total tiene una distancia de 1.01 Km. (Ver Figura 40).



Figura 40. Zona 1 de cobertura.

Fuente: Propia.

Una vez realizado el sangrado de fibra óptica en NAP1, continúa la fibra de distribución hacia la siguiente caja terminal de red llamada NAP2 ubicado en las calles Rafael Arellano y Boyacá, que se encuentra a una distancia aproximada de 125 metros. Se realiza el mismo proceso hasta llegar al NAP8, con un total de 980

metros de tendido de fibra de distribución. Cada caja de terminación de red o NAP se encuentra a una distancia aproximada de 125 metros.

La Zona 2 está distribuida desde el ODF en el nodo central, hacia la caja de terminación de red NAP9, a una distancia de 115 metros ubicada en las calles Sucre y Junín, en esta zona se divide el cable de distribución entre las calles Sucre y Chimborazo, donde se ubica un cierre de empalme o manga. La distancia del enlace para esta zona es de 898.55 metros, en los que se distribuyen 8 cajas de terminación de red. (Ver Figura 41)



Figura 41. Zona de cobertura 2.

Fuente: El Autor.

La distribución de la Zona 3 se realiza desde el OLT ubicado en el nodo central, mediante cable de fibra óptica ADSS de 48 hilos, hacia la caja de terminación de red NAP17, ubicada en las calles Bolívar y 10 de Agosto, continuando la distribución a la siguiente caja de terminación de red NAP18, ubicada en las calles Pichincha y Bolívar. La distribución de la red termina con la caja de terminación de red NAP24, ubicada en las calles Bolívar y José Castillo, con una distancia total del enlace de 1.02 Km. (Ver Figura 42)



Figura 42. Zona de cobertura 3.

Fuente: El Autor

Para la Zona 4 se distribuye mediante cable ADSS de 48 hilos desde el OLT, ubicado en el nodo central hacia NAP25 a una distancia de 165 metros, ubicado en las calles Olmedo y Ayacucho, el enlace termina en la caja de terminación de red que se encuentra en las calles Colón y Oriente, teniendo una distancia total de 1.01 Km. (Ver Figura 43)



Figura 43. Zona de cobertura 4.

Fuente: El Autor

De cada caja terminal se distribuye mediante cable drop hacia la roseta óptica que se encuentra instalada en el domicilio del usuario, para posteriormente conectarse con la ONT, con una distribución de 16 usuarios por caja, teniendo un total de 128 usuarios por cada zona. Por lo tanto, se cuenta con un diseño en el que se pueden brindar servicios a 512 abonados, dando cobertura de esta manera a todo el centro de la ciudad de Tulcán.

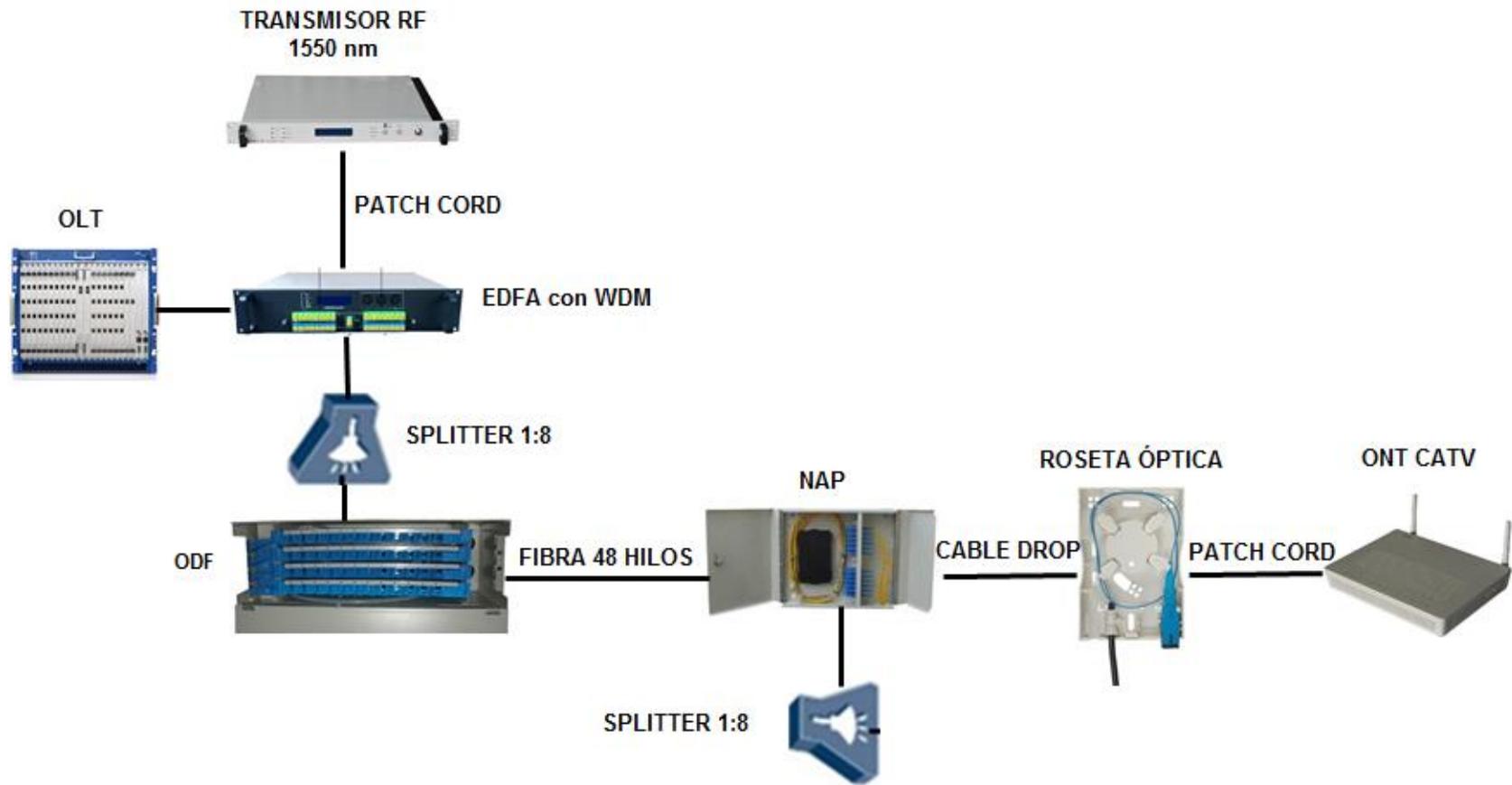


Figura 44. Esquema de la red de acceso FTTH.

Fuente: El Autor

### 3.8 CÁLCULO DEL ENLACE

Para el diseño de un enlace de red es importante tomar en cuenta varios parámetros, con el fin de asegurar que el proyecto sea confiable y poder garantizar que se brinden servicios que satisfagan los requerimientos de los usuarios. Por ello se hace necesario realizar un cálculo para determinar la atenuación total del enlace.

Se deben tomar en cuenta las pérdidas que son introducidas por todos los elementos de la red, ya que por cada elemento que se incluya en la red se tienen pérdidas. A continuación se describen todos los tipos de pérdidas que contendrá el diseño y se realiza un cálculo para determinar la atenuación total del enlace.

Las pérdidas por cada splitter que se utilizará en la red son: splitter de 1:8 con pérdida de 10,7 dB, por lo tanto, la pérdida total por splitters es de 21,4 dB. Las pérdidas de conector son de 0,5 dB y las pérdidas por empalme 0,1 dB.

La pérdida de fibra es igual a la atenuación multiplicada por la distancia. La distancia máxima está limitada por el presupuesto de pérdida a la longitud de onda de atenuación más desfavorable. Se considera también la pérdida por el dispositivo WDM, de acuerdo a las especificaciones del fabricante. En este caso se considera una pérdida de 1 dB para cada enlace.

Para el presente diseño se realiza el cálculo para cada una de las zonas de cobertura de la red, considerando la mayor distancia desde el OLT del nodo central hasta el ONT, ubicado en el domicilio del usuario.

- **CÁLCULO ZONA 1**

- Atenuación para 1310 [nm]

$$A_f = distancia[Km] * atenuación\ fibra\ óptica \left[ \frac{dB}{Km} \right] \quad (1)$$

$$A_f = 1,31 [Km] * 0,35 \left[ \frac{dB}{Km} \right]$$

$$A_f = 0,46[dB]$$

- Atenuación para 1490 [nm]

$$A_f = 1,31[Km] * 0,30 \left[ \frac{dB}{Km} \right]$$

$$A_f = 0,39[dB]$$

- Atenuación para 1550 [nm]

$$A_f = 1,31[Km] * 0,21 \left[ \frac{dB}{Km} \right]$$

---

<sup>14</sup> **Ecuación (1).** Atenuación de la fibra óptica en relación a la distancia y longitud de onda de trabajo. Recomendación ITU-T G.652

$$A_f = 0,27[dB]$$

- Atenuación por WDM  $A_w = 1[dB]$
- Atenuación por splitter

$$A_s = \text{número de splitters} * \text{atenuación de splitter}[dB] \quad (2)$$

$$A_f = 2 * 10,7[dB]$$

$$A_f = 21,4[dB]$$

- Atenuación por conectores

$$A_c = \text{número de conectores} * \text{atenuación conector}[dB] \quad (3)$$

$$A_c = 7 * 0,5[dB]$$

$$A_c = 3,5[dB]$$

- Atenuación por empalme

$$A_e = \text{número de empalmes} * \text{atenuación por empalme}[dB] \quad (4)$$

---

<sup>15</sup> **Ecuación (2).** Atenuación de un splitter óptico. (Saavedra, CAPACITACION EN DISEÑO DE ODN DE RED FTTH, 2013)

<sup>16</sup> **Ecuación (3).** Atenuación de un conector de fibra óptica. (Saavedra, CAPACITACION EN DISEÑO DE ODN DE RED FTTH, 2013)

<sup>17</sup> **Ecuación (4).** Atenuación típica de un empalme de fibra óptica. (Saavedra, CAPACITACION EN DISEÑO DE ODN DE RED FTTH, 2013)

$$A_f = 4 * 0,1[dB]$$

$$A_f = 0,4[dB]$$

- Atenuación Total

$$A_T = A_f[dB] + A_w[dB] + A_s[dB] + A_c[dB] + A_e[dB]$$

$$A_T = 0,39[dB] + 1 [dB] + 21,4[dB] + 3,5[dB] + 0,4[dB]$$

$$A_T = 26,69[dB]$$

- **ATENUACIÓN TOTAL ZONA 1**

- ATENUACIÓN TOTAL 1310 [nm]

**Tabla 11.** Atenuación enlace Zona 1 ventana 1310 [nm].

EQUIPO	CANTIDAD	ATENUACIÓN	ATENUACIÓN TOTAL [dB]
FIBRA ÓPTICA	1,31 [Km]	0,35 [dB/Km]	0,46
WDM	1	1 [dB]	1
SPLITTER	2	10,7 [dB]	21,4
CONECTORES	8	0,5 [dB]	3,5
EMPALMES	4	0,1 [dB]	0,4
<b>TOTAL</b>			<b>26,76</b>

Fuente: El Autor

○ ATENUACIÓN TOTAL 1490 [nm]

**Tabla 12.** Atenuación enlace Zona 1 ventana 1490 [nm].

EQUIPO	CANTIDAD	ATENUACIÓN	ATENUACIÓN TOTAL [dB]
FIBRA ÓPTICA	1,31 [Km]	0,30 [dB/Km]	0,39
WDM	1	1 [dB]	1
SPLITTER	2	10,7 [dB]	21,4
CONECTORES	8	0,5 [dB]	3,5
EMPALMES	4	0,1 [dB]	0,4
<b>TOTAL</b>			<b>26,69</b>

Fuente: El Autor

○ ATENUACIÓN TOTAL 1550 [nm]

**Tabla 13.** Atenuación enlace Zona 1 ventana 1550 [nm]

EQUIPO	CANTIDAD	ATENUACIÓN	ATENUACIÓN TOTAL [dB]
FIBRA ÓPTICA	1,31 [Km]	0,21 [dB/Km]	0,27
WDM	1	1 [dB]	1
SPLITTER	2	10,7 [dB]	21,4
CONECTORES	8	0,5 [dB]	3,5
EMPALMES	4	0,1 [dB]	0,4
<b>TOTAL</b>			<b>26,57</b>

Fuente: El Autor

- **ATENUACIÓN TOTAL ZONA 2**

- **ATENUACIÓN TOTAL 1310 [nm]**

**Tabla 144.** Atenuación enlace Zona 2 ventana 1310 [nm].

<b>EQUIPO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>ATENUACIÓN</b>	<b>ATENUACIÓN TOTAL [dB]</b>
<b>FIBRA ÓPTICA</b>	1,2 [Km]	0,35 [dB/Km]	0,42
<b>WDM</b>	1	1 [dB]	1
<b>SPLITTER</b>	2	10,7 [dB]	21,4
<b>CONECTORES</b>	8	0,5 [dB]	3,5
<b>EMPALMES</b>	5	0,1 [dB]	0,5
<b>TOTAL</b>			<b>26,82</b>

Fuente: El Autor

- **ATENUACIÓN TOTAL 1490 [nm]**

**Tabla 155.** Atenuación enlace Zona 2 ventana 1490 [nm].

<b>EQUIPO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>ATENUACIÓN</b>	<b>ATENUACIÓN TOTAL [dB]</b>
<b>FIBRA ÓPTICA</b>	1,2 [Km]	0,30 [dB/Km]	0,27
<b>WDM</b>	1	1 [dB]	1
<b>SPLITTER</b>	2	10,7 [dB]	21,4
<b>CONECTORES</b>	8	0,5 [dB]	3,5
<b>EMPALMES</b>	5	0,1 [dB]	0,5
<b>TOTAL</b>			<b>26,76</b>

Fuente: El Autor

- ATENUACIÓN TOTAL 1550 [nm]

**Tabla 166.** Atenuación enlace Zona 2 ventana 1550 [nm]

EQUIPO	CANTIDAD	ATENUACIÓN	ATENUACIÓN TOTAL [dB]
FIBRA ÓPTICA	1,2 [Km]	0,21 [dB/Km]	0,25
WDM	1	1 [dB]	1
SPLITTER	2	10,7 [dB]	21,4
CONECTORES	8	0,5 [dB]	3,5
EMPALMES	5	0,1 [dB]	0,5
<b>TOTAL</b>			<b>26,65</b>

Fuente: El Autor

- ATENUACIÓN TOTAL ZONA 3

- ATENUACIÓN TOTAL 1310 [nm]

**Tabla 177.** Atenuación enlace Zona 3 ventana 1310 [nm].

EQUIPO	CANTIDAD	ATENUACIÓN	ATENUACIÓN TOTAL [dB]
FIBRA ÓPTICA	1,31 [Km]	0,35 [dB/Km]	0,46
WDM	1	1 [dB]	1
SPLITTER	2	10,7 [dB]	21,4
CONECTORES	8	0,5 [dB]	3,5
EMPALMES	4	0,1 [dB]	0,4
<b>TOTAL</b>			<b>26,76</b>

Fuente: El Autor

○ ATENUACIÓN TOTAL 1490 [nm]

**Tabla 188.** Atenuación enlace Zona 3 ventana 1490 [nm].

EQUIPO	CANTIDAD	ATENUACIÓN	ATENUACIÓN TOTAL [dB]
FIBRA ÓPTICA	1,31 [Km]	0,30 [dB/Km]	0,39
WDM	1	1 [dB]	1
SPLITTER	2	10,7 [dB]	21,4
CONECTORES	8	0,5 [dB]	3,5
EMPALMES	4	0,1 [dB]	0,4
<b>TOTAL</b>			<b>26,69</b>

Fuente: El Autor

○ ATENUACIÓN TOTAL 1550 [nm]

**Tabla 199.** Atenuación enlace Zona 3 ventana 1550 [nm]

EQUIPO	CANTIDAD	ATENUACIÓN	ATENUACIÓN TOTAL [dB]
FIBRA ÓPTICA	1,31 [Km]	0,21 [dB/Km]	0,27
WDM	1	1 [dB]	1
SPLITTER	2	10,7 [dB]	21,4
CONECTORES	8	0,5 [dB]	3,5
EMPALMES	4	0,1 [dB]	0,4
<b>TOTAL</b>			<b>26,57</b>

Fuente: El Autor

- **ATENUACIÓN TOTAL ZONA 4**

- **ATENUACIÓN TOTAL 1310 [nm]**

**Tabla 2020.** Atenuación enlace Zona 4 ventana 1310 [nm].

EQUIPO	CANTIDAD	ATENUACIÓN	ATENUACIÓN TOTAL [dB]
FIBRA ÓPTICA	1,31 [Km]	0,35 [dB/Km]	0,46
WDM	1	1 [dB]	1
SPLITTER	2	10,7 [dB]	21,4
CONECTORES	8	0,5 [dB]	3,5
EMPALMES	4	0,1 [dB]	0,4
<b>TOTAL</b>			<b>26,76</b>

Fuente: El Autor

- **ATENUACIÓN TOTAL 1490 [nm]**

**Tabla 211.** Atenuación enlace Zona 4 ventana 1490 [nm].

EQUIPO	CANTIDAD	ATENUACIÓN	ATENUACIÓN TOTAL [dB]
FIBRA ÓPTICA	1,31 [Km]	0,30 [dB/Km]	0,39
WDM	1	1 [dB]	1
SPLITTER	2	10,7 [dB]	21,4
CONECTORES	8	0,5 [dB]	3,5
EMPALMES	4	0,1 [dB]	0,4
<b>TOTAL</b>			<b>26,69</b>

Fuente: El Autor

○ ATENUACIÓN TOTAL 1550 [nm]

**Tabla 22.** Atenuación enlace Zona 4 ventana 1550 [nm]

<b>EQUIPO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>ATENUACIÓN</b>	<b>ATENUACIÓN TOTAL [dB]</b>
<b>FIBRA ÓPTICA</b>	1,31 [Km]	0,21 [dB/Km]	0,27
<b>WDM</b>	1	1 [dB]	1
<b>SPLITTER</b>	2	10,7 [dB]	21,4
<b>CONECTORES</b>	8	0,5 [dB]	3,5
<b>EMPALMES</b>	4	0,1 [dB]	0,4
<b>TOTAL</b>			<b>26,57</b>

Fuente: El Autor

La atenuación para los enlaces de las Zonas 1, 3 y 4 son las mismas ya que la distancia del enlace es aproximadamente la misma. Todos los enlaces se mantienen dentro del rango de atenuación máxima permitida para un enlace GPON que es 28 dB de acuerdo con la Recomendación ITU – T G.984.2 Enmienda 1, publicado en Febrero de 2006. Por lo tanto se tienen enlaces confiables para un correcto funcionamiento del proyecto.

## **CAPÍTULO IV**

### **ANÁLISIS ECONÓMICO**

#### **5.1 INTRODUCCIÓN**

En este capítulo se realiza el análisis económico del proyecto, para lo cual primeramente se realiza una indagación del crecimiento de los servicios de audio y video por suscripción e internet en el Ecuador. Posteriormente se hace un cálculo de los costos de cada equipo o dispositivo que requiere el diseño, y así poder determinar la rentabilidad y el costo beneficio del proyecto.

#### **5.2 SERVICIO DE AUDIO Y VIDEO POR SUSCRIPCIÓN EN ECUADOR**

El servicio de audio y video por suscripción (AVS) es aquel que recibe señales de imagen, sonido, multimedia y datos, destinados exclusivamente a un público particular de suscriptores o abonados, dada una suscripción por medio de un proceso de codificación y decodificación de la señal.

Las tecnologías utilizadas en la televisión de pago son el cable, transmisión satelital, por ondas terrestres (analógica o digital), Servicio de Distribución

Multipunto por Microondas (MMDS) y televisión vía IP (IPTV). Con respecto a la IPTV, en algunos países aún no es una tecnología destacada, y se espera que con el crecimiento del acceso a la banda ancha pueda tener un mayor despliegue.

En el Ecuador, actualmente para proporcionar el servicio de audio y video por suscripción existen 3 modalidades: Televisión por cable terrestre, Televisión Codificada Terrestre y Televisión Codificada Satelital. (Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones, 2015)

### **5.2.1 CRECIMIENTO Y PENETRACIÓN DEL SERVICIO DE AUDIO Y VIDEO POR SUSCRIPCIÓN**

De acuerdo a la información reportada por parte de los sistemas que brindan el servicio de audio y video por suscripción (AVS), se establece que en el ámbito nacional hasta diciembre del año 2014, existieron un total de 1.210.575 suscriptores, con lo cual la penetración del servicio a nivel nacional ha crecido 19,1% desde el 2010. (Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones, 2015)



Figura 45. Crecimiento servicio de audio y video por suscripción en Ecuador.

Fuente: (Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones, 2015)

El servicio de audio y video por suscripción ha presentado un crecimiento notable en los últimos años a nivel nacional, sobre todo por la alta demanda de televisión codificada satelital la cual hasta el cuarto trimestre del año 2014 alcanzó un 60% del total de suscriptores de AVS respecto al 9,89% que obtuvo en el año 2010. (Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones, 2015)

### 5.3 SERVICIO DE INTERNET EN ECUADOR

En Ecuador el servicio de Internet a través de conexiones físicas ha crecido de manera exponencial entre 2001 y 2015 como se observa en la Figura.45 dicho crecimiento está influenciado tanto por la innovación y desarrollo tecnológico, como

por las políticas y estrategias gubernamentales de conectividad y prestación de servicios implementadas en los últimos años. (Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones)

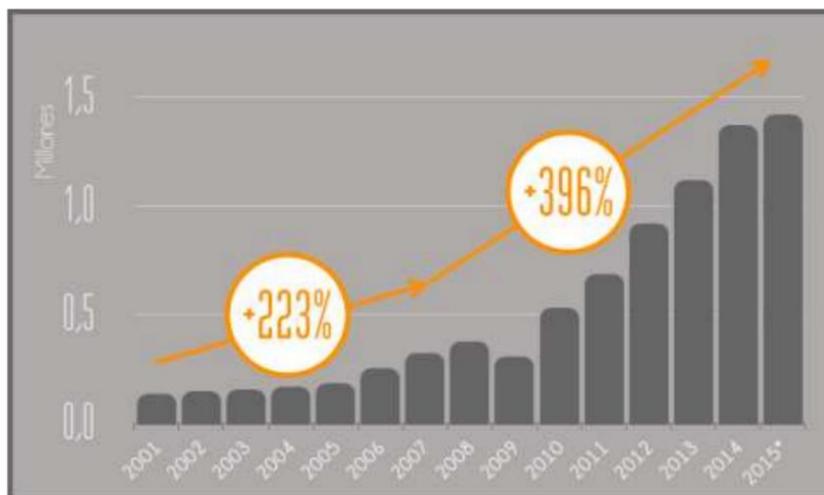


Figura 46. Crecimiento de conexiones fijas a nivel nacional.

Fuente: (Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones)

A pesar de que el crecimiento en cuanto a infraestructura de acceso a Internet ha aumentado a una tasa considerable a nivel nacional, su impacto en la sociedad se vuelve palpable cuando la población empieza a utilizar todo este desarrollo en su beneficio, sea con la generación de nuevos puestos de trabajo, impulso e innovación, desarrollo social, educación, salud, seguridad etc.; caso contrario esta inversión tanto privada como pública se vuelve ineficiente.

## 5.4 COSTOS DE INVERSIÓN

Los costos de inversión representan los factores que intervienen en la implementación de la red, para lo cual se toman en cuenta los costos de la infraestructura de la red de acceso, en lo que se tienen costos de los equipos del nodo central, el costo de la red de distribución, y el costo de acometida, además de la mano de obra que se requiere para la implementación.

### 5.4.1 COSTOS DE INFRAESTRUCTURA DE LA RED DE ACCESO FTTH

Para determinar el costo de la red de acceso se realiza una comparación entre proveedores de dispositivos para la red FTTh – GPON. En este caso se compara los precios referenciales de tres empresas proveedoras de equipos de fibra óptica SHANDONG, HUAWEI, y SOFTEL, con las que trabaja la empresa CINE CABLE TV, con esto podemos determinar la mejor opción en cuanto a equipos. La Tabla 23, muestra una comparación de precios entre tres marcas.

**Tabla 23.** Comparación proveedores de equipos.

DISPOSITIVO	PRECIO	PRECIO	PRECIO
	SHANDONG	HUAWEI	SOFTEL
Transmisor RF 1550nm	920,00		985,00

<b>EDFA con WDM</b>	5000,00		7200,00
<b>OLT 8 Puertos GPON</b>	3000,00	3467,00	4500,00
<b>ODF 96 PUERTOS</b>	415,20	415,20	

Fuente: El Autor

El costo de los equipos se realiza considerando la cantidad de usuarios que se plantea tener para el primer año es decir la inversión inicial se realizará para 250 usuarios, con estos datos cabe resaltar que los equipos del nodo central y los equipos de la red de distribución se tomarán en cuenta los costos para el total de 500 usuarios para el año 0 lo que cambia es el costo de la red de acometida en donde se realizará el análisis para 250 usuarios.

- **COSTO EQUIPOS NODO CENTRAL**

**Tabla 24.** Costo Equipos Nodo Central.

<b>EQUIPO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>COSTO UNITARIO</b>	<b>COSTO TOTAL</b>
<b>OLT 8 Puertos GPON</b>	1	3467,00	3467,00
<b>Transmisor RF 1550nm</b>	1	920,00	920,00
<b>EDFA con WDM</b>	1	7200,00	7200,00
<b>SPLITTER 1:8</b>	8	28,00	224,00
<b>ODF 96 PUERTOS</b>	1	415,20	415,20
		<b>TOTAL</b>	<b>12226,20</b>

Fuente: El Autor

- **COSTO DEL ENLACE DE CADA ZONA**

- **COSTO DEL ENLACE ZONA 1**

Tabla 25. Costo enlace Zona 1.

<b>EQUIPO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO UNITARIO</b>	<b>PRECIO TOTAL</b>
<b>SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE SPLITTER 1:8</b>	16	88,00	1408,00
<b>CAJA DE TERMINACIÓN DE RED (NAP)</b>	8	150,00	1200,00
<b>SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE ROSETA ÓPTICA</b>	64	48,00	3072,00
<b>SUMINISTRO Y TENDIDO DE CABLE DROP FIGURA 8</b>	2500	0,90	2250,00
<b>PATCH CORD G.657</b>	128	1,00	128,00
<b>ONT</b>	64	146,00	9344,00
<b>FUSIÓN DE UN HILO DE FIBRA ÓPTICA</b>	64	8,60	550,40
<b>PRUEBAS REFLECTOMÉTRICAS</b>	64	8,20	524,80
		<b>TOTAL</b>	<b>18477,20</b>

Fuente: El Autor

- **COSTO DEL ENLACE ZONA 2**

Tabla 26. Costo enlace Zona 2.

<b>EQUIPO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO UNITARIO</b>	<b>PRECIO TOTAL</b>
<b>SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE SPLITTER 1:8</b>	16	88,00	1408,00
<b>CAJA DE TERMINACIÓN DE RED (NAP)</b>	8	150,00	1200,00
<b>SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE ROSETA ÓPTICA</b>	64	48,00	3072,00
<b>SUMINISTRO Y TENDIDO DE CABLE DROP FIGURA 8</b>	2500	0,90	2250,00
<b>PATCH CORD G.657</b>	128	1,00	128,00
<b>ONT</b>	64	146,00	9344,00
<b>FUSIÓN DE UN HILO DE FIBRA ÓPTICA</b>	112	8,60	963,20
<b>PRUEBAS REFLECTOMÉTRICAS</b>	64	8,20	524,80
		<b>TOTAL</b>	<b>18890,00</b>

Fuente: El Autor

○ **COSTO DEL ENLACE ZONA 3**

**Tabla 27.** Costo enlace Zona 3.

<b>EQUIPO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO UNITARIO</b>	<b>PRECIO TOTAL</b>
<b>SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE SPLITTER 1:8</b>	16	88,00	1408,00
<b>CAJA DE TERMINACIÓN DE RED (NAP)</b>	8	150,00	1200,00
<b>SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE ROSETA ÓPTICA</b>	64	48,00	3072,00
<b>SUMINISTRO Y TENDIDO DE CABLE DROP FIGURA 8</b>	2500	0,90	2250,00
<b>PATCH CORD G.657</b>	128	1,00	128,00
<b>ONT</b>	64	146,00	9344,00
<b>FUSIÓN DE UN HILO DE FIBRA ÓPTICA</b>	64	8,60	550,40
<b>PRUEBAS REFLECTOMÉTRICAS</b>	64	8,20	524,80
		<b>TOTAL</b>	<b>18477,20</b>

Fuente: El Autor

○ **COSTO DEL ENLACE ZONA 4**

**Tabla 28.** Costo enlace Zona 4.

<b>EQUIPO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO UNITARIO</b>	<b>PRECIO TOTAL</b>
<b>SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE SPLITTER 1:8</b>	16	88,00	1408,00
<b>CAJA DE TERMINACIÓN DE RED (NAP)</b>	8	150,00	1200,00
<b>SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE ROSETA ÓPTICA</b>	64	48,00	3072,00
<b>SUMINISTRO Y TENDIDO DE CABLE DROP FIGURA 8</b>	2500	0,90	2250,00
<b>PATCH CORD G.657</b>	128	1,00	128,00
<b>ONT</b>	64	146,00	9344,00
<b>FUSIÓN DE UN HILO DE FIBRA ÓPTICA</b>	64	8,60	550,40
<b>PRUEBAS REFLECTOMÉTRICAS</b>	64	8,20	524,80
		<b>TOTAL</b>	<b>18477,20</b>

Fuente: El Autor

- **COSTO TOTAL DE LA RED**

**Tabla 29.** Costo Total de la Red.

<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>COSTO TOTAL</b>
<b>COSTO EQUIPOS NODO CENTRAL</b>	12226,20
<b>COSTO ENLACE ZONA 1</b>	18477,20
<b>COSTO ENLACE ZONA 2</b>	18890,00
<b>COSTO DEL ENLACE ZONA 3</b>	18477,20
<b>COSTO DEL ENLACE ZONA 4</b>	18477,20
<b>TOTAL</b>	<b>86547,80</b>

Fuente: El Autor

- **COSTO TOTAL DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN**

**Tabla 30.** Costo Equipos ODN.

<b>EQUIPO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>COSTO UNITARIO</b>	<b>COSTO TOTAL</b>
<b>SPLITTER 1:8</b>	64	28,00	1792,00
<b>CAJA DE TERMINACIÓN DE RED (NAP)</b>	32	150,00	4800,00
<b>TOTAL</b>			<b>6592,00</b>

Fuente: El Autor

- **COSTO ACOMETIDA**

**Tabla 31.** Costo Equipos Acometida.

<b>EQUIPO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO UNITARIO</b>	<b>PRECIO TOTAL</b>
<b>ROSETA ÓPTICA</b>	256	18,00	4608,00
<b>CABLE DROP FIGURA 8</b>	10000	0,40	4000,00
<b>PATCH CORD G.657</b>	512	1,00	512,00
<b>ONT</b>	256	146,00	37376,00
<b>TOTAL</b>			<b>46496,00</b>

Fuente: El Autor

### 5.4.2 COSTO DE MANO DE OBRA

Tabla 32. Costo de mano de obra.

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
FUSIÓN DE UN HILO DE FIBRA ÓPTICA	304	8,60	2614,40
COLOCACIÓN DE SPLITTERS	64	60,00	3840,00
COLOCACIÓN DE ROSETA ÓPTICA Y ONT	256	30,00	7680,00
PRUEBAS REFLECTOMÉTRICAS	256	8,20	2099,20
TENDIDO DE CABLE AÉREO	10000	0,50	5000,00
		<b>TOTAL</b>	<b>21233,6</b>

Fuente: El Autor.

### 5.4.3 COSTO TOTAL DE INVERSIÓN

Tabla 33. Costo total de Inversión.

DESCRIPCIÓN	COSTO TOTAL
COSTO EQUIPOS NODO CENTRAL	12226,20
COSTO RED DE DISTRIBUCIÓN	6592,00
COSTO ACOMETIDA	<b>46496,00</b>
COSTO MANO DE OBRA	<b>21233,6</b>
<b>TOTAL</b>	<b>86547,80</b>

Fuente: El Autor.

## 5.5 FINANCIAMIENTO

Para el financiamiento de este proyecto la empresa podrá optar por la opción de un crédito bancario ya que no cuenta con el presupuesto necesario para su implementación. Tomando en cuenta a la entidad financiera que es BanEcuador el cual facilita créditos para empresas con destino productivo a una baja tasa de interés que es de 10% que se realizará para un lapso de 5 años de forma mensual.

La Tabla 34, muestra la información que solicita en la página web de BanEcuador, para la simulación de un crédito bancario, en este caso el valor es 86547,80 que es el valor de inversión inicial que se necesita para la implementación del proyecto. Con esto se puede determinar el monto mensual a pagar según el sistema de amortización como se muestra en la Tabla 35.

**Tabla 34.** Información solicitud de crédito.

Tipo de Crédito	Crédito
<b>Destino</b>	Productivo
<b>Forma de Pago</b>	Mensual
<b>Taza</b>	10.00%
<b>Monto deseado</b>	86547,80
<b>Plazo</b>	5 años
<b>Sistema de Amortización</b>	Cuota Fija

Fuente: Recuperado de [https://www.bnf.fin.ec/index.php?option=com\\_wrapper&view=wrapper&Itemid=342](https://www.bnf.fin.ec/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=342)

**Tabla 35.** Tabla de amortización de crédito para un lapso de 5 años.

Cuota	Saldo Capital	Capital.	Interés	Seguro Desgravamen	Valor a Pagar
1	86,547.80	1,130.44	690.14	22.68	1,843.27
2	85,417.36	1,139.45	681.13	22.39	1,842.97
3	84,277.91	1,148.54	672.04	22.09	1,842.67
4	83,129.37	1,157.70	662.89	21.79	1,842.37
5	81,971.67	1,166.93	653.65	21.48	1,842.07
6	80,804.74	1,176.23	644.35	21.18	1,841.76
7	79,628.51	1,185.61	634.97	20.87	1,841.45
8	78,442.89	1,195.07	625.51	20.56	1,841.14
9	77,247.82	1,204.60	615.98	20.24	1,840.83
10	76,043.22	1,214.20	606.38	19.93	1,840.51
11	74,829.02	1,223.89	596.70	19.61	1,840.19
12	73,605.13	1,233.65	586.94	19.29	1,839.87
13	72,371.49	1,243.48	577.10	18.97	1,839.55
14	71,128.01	1,253.40	567.18	18.64	1,839.22
15	69,874.61	1,263.39	557.19	18.31	1,838.90
16	68,611.21	1,273.47	547.12	17.98	1,838.56
17	67,337.75	1,283.62	536.96	17.65	1,838.23

18	66,054.12	1,293.86	526.72	17.31	1,837.89
19	64,760.26	1,304.18	516.41	16.97	1,837.56
20	63,456.09	1,314.58	506.01	16.63	1,837.21
21	62,141.51	1,325.06	495.53	16.29	1,836.87
22	60,816.45	1,335.62	484.96	15.94	1,836.52
23	59,480.83	1,346.27	474.31	15.59	1,836.17
24	58,134.56	1,357.01	463.57	15.24	1,835.82
25	56,777.55	1,367.83	452.75	14.88	1,835.46
26	55,409.71	1,378.74	441.84	14.52	1,835.10
27	54,030.98	1,389.73	430.85	14.16	1,834.74
28	52,641.24	1,400.81	419.77	13.80	1,834.38
29	51,240.43	1,411.98	408.60	13.43	1,834.01
30	49,828.44	1,423.24	397.34	13.06	1,833.64
31	48,405.20	1,434.59	385.99	12.69	1,833.27
32	46,970.61	1,446.03	374.55	12.31	1,832.89
33	45,524.57	1,457.56	363.02	11.93	1,832.51
34	44,067.01	1,469.19	351.40	11.55	1,832.13
35	42,597.82	1,480.90	339.68	11.16	1,831.75
36	41,116.92	1,492.71	327.87	10.78	1,831.36
37	39,624.21	1,504.61	315.97	10.38	1,830.97
38	38,119.59	1,516.61	303.97	9.99	1,830.57
39	36,602.98	1,528.71	291.88	9.59	1,830.18
40	35,074.28	1,540.90	279.69	9.19	1,829.78
41	33,533.38	1,553.18	267.40	8.79	1,829.37
42	31,980.20	1,565.57	255.01	8.38	1,828.96
43	30,414.63	1,578.05	242.53	7.97	1,828.55
44	28,836.57	1,590.64	229.95	7.56	1,828.14
45	27,245.94	1,603.32	217.26	7.14	1,827.72
46	25,642.62	1,616.11	204.48	6.72	1,827.30
47	24,026.51	1,628.99	191.59	6.30	1,826.88
48	22,397.52	1,641.98	178.60	5.87	1,826.45
49	20,755.54	1,655.08	165.51	5.44	1,826.02
50	19,100.46	1,668.27	152.31	5.01	1,825.59
51	17,432.19	1,681.58	139.01	4.57	1,825.15
52	15,750.61	1,694.99	125.60	4.13	1,824.71
53	14,055.63	1,708.50	112.08	3.68	1,824.27
54	12,347.12	1,722.13	98.46	3.24	1,823.82
55	10,625.00	1,735.86	84.73	2.78	1,823.37
56	8,889.14	1,749.70	70.88	2.33	1,822.91
57	7,139.44	1,763.65	56.93	1.87	1,822.45
58	5,375.79	1,777.72	42.87	1.41	1,821.99
59	3,598.07	1,791.89	28.69	0.94	1,821.53
60	1,806.18	1,806.18	14.40	0.47	1,821.06

Fuente: Recuperado de [https://www.bnf.fin.ec/index.php?option=com\\_wrapper&view=wrapper&Itemid=342](https://www.bnf.fin.ec/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=342)

## 5.6 ESTUDIO FINANCIERO

El estudio financiero nos permite evaluar el proyecto de inversión, para realizar este estudio se requiere una evaluación de costos, inversiones, gastos, para determinar la factibilidad del proyecto.

### 5.6.1 FLUJO DE CAJA

Para determinar el flujo de caja se toma en cuenta los ingresos y egresos que se generan por la prestación de servicios de la empresa. Los ingresos y egresos que se tendrán por los servicios de audio y video por suscripción e internet se describen a continuación.

#### ✓ INGRESOS

Teniendo un total de 500 abonados, se estima que en el primer año se tenga un total de 250 abonados y que para el tercer año se tenga el total de abonados disponiendo de los servicios. Tomando como referencia el costo del plan normal que ofrece la empresa, se tiene un ingreso anual de:

- Primer año:

$$250 \text{ abonados} * 34,00 \text{ dólares} * 12 \text{ meses} = 102000,00 \text{ dólares}$$

- Segundo año:

$$400 \text{ abonados} * 34,00 \text{ dólares} * 12 \text{ meses} = 163200,00 \text{ dólares}$$

- Tercer año:

$$500 \text{ abonados} * 34,00 \text{ dólares} * 12 \text{ meses} = 204000,00 \text{ dólares}$$

Se toma en cuenta también los ingresos que se generarán por el derecho de inscripción que en el caso de la empresa será de 50 dólares, por el total de abonados que se tienen:

- Primer año:

$$250 \text{ abonados} * 50,00 \text{ dólares} = 12500,00 \text{ dólares}$$

- Segundo año:

$$150 \text{ abonados} * 50,00 \text{ dólares} = 7500,00 \text{ dólares}$$

- Tercer año:

$$100 \text{ abonados} * 50,00 \text{ dólares} = 5000,00 \text{ dólares}$$

- **TOTAL FLUJO DE CAJA INGRESOS**

**Tabla 36.** Flujo de Caja Ingresos.

<b>AÑO 1</b>	<b>AÑO 2</b>	<b>AÑO 3</b>	<b>AÑO 4</b>	<b>AÑO 5</b>
114500,00	170700,00	209000,00	209000,00	209000,00

Fuente: Propia

## ✓ EGRESOS

La Tabla 37, muestra el costo anual de todos los egresos que se presentan para la implementación de este proyecto durante el periodo de cinco años, a continuación se detalla cada tipo de egreso.

En los egresos se tiene la inversión de la infraestructura de la red, la cual se considera el valor de la inversión para el año 0 que se realizó para un total de 250 clientes con un costo de 86547,80; para el primer año, 150 clientes con un costo de 31161,60; para el segundo año, 100 clientes con un costo de 21490,00 y para los siguientes años se considera un mínimo de 100 clientes nuevos.

El mantenimiento de la red se incluye en los egresos, para ello se toma en cuenta el pago al personal de instalación y mantenimiento, con un costo aproximado de 800 dólares mensuales, y el pago al personal de soporte y monitoreo con un costo de 600 dólares mensuales, dando un total de 1400 dólares mensuales y por ende 16800 dólares anuales.

La empresa CINE CABLE TV cuenta con varios proveedores del servicio de Televisión e Internet, para brindar los servicios que ofrece la empresa en el sector centro de la ciudad de Tulcán, la empresa tiene egresos de alrededor de 54000

dólares anuales, de los cuales 34000 dólares son por el servicio de los 85 canales de televisión y 20000 dólares por el servicio de internet.

El pago por crédito bancario constituye un egreso que se realizará desde el año 1, como se muestra en la Tabla 37.

- **TOTAL FLUJO DE CAJA EGRESOS**

**Tabla 37.** Flujo de caja Egresos

DETALLE	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
<b>INVERSIÓN INFRAESTRUCTURA DE RED</b>	86547,80	31161,60	21490,00	2164,00	2164,00	2164,00
<b>MANTENIMIENTO DE LA RED</b>		16800,00	16800,00	16800,00	16800,00	16800,00
<b>PAGO A PROVEEDORES O CARRIERS</b>	54000,00	54000,00	54000,00	54000,00	54000,00	54000,00
<b>PAGO CRÉDITO BANCARIO</b>		1843,27	1842,97	1842,67	1842,37	1842,07
<b>TOTAL</b>	<b>140547,80</b>	<b>103804,87</b>	<b>94132,97</b>	<b>94132,67</b>	<b>94132,37</b>	<b>94132,07</b>

Fuente: Propia

- **TOTAL FLUJO DE CAJA INGRESOS Y EGRESOS**

Tabla 38. Total flujo de caja Ingresos y Egresos.

AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
-140547,80	10695,13	76567,03	114867,33	114867,63	114867,93

Fuente: Propia

## 5.7 VALOR ACTUAL NETO

“Valor actual neto, es el valor monetario que resulta de restar la suma de los flujos o entradas futuras descontadas del proyecto a la inversión inicial. La tasa de descuento o actualización es la tasa mínima aceptable.” (Leiva, 2007). Permite determinar la rentabilidad de un proyecto considerando la inversión inicial y los gastos que se tengan a futuro.

Es importante al analizar el resultado de las inversiones en diferentes proyectos mediante este indicador, tomar en consideración los siguientes aspectos: Una inversión debe ser tomada en consideración si su VAN es positivo. Si es negativo debe ser descartada automáticamente. O sea, si el  $VAN \geq 0$ , se acepta el proyecto; si el  $VAN \leq 0$ , se descarta. (Leiva, 2007)

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+k)^t} - I_0 \quad (5)$$

Donde:

$V_t$ , representa los flujos de caja en cada periodo t.

$I_0$ , es el valor del desembolso inicial de la inversión.

$n$ , es el número de períodos considerado.

$k$ , es el tipo de interés.

$$VAN = \frac{10695,13}{(1+0,1057)^1} + \frac{76567,03}{(1+0,1057)^2} + \frac{114867,33}{(1+0,1057)^3} + \frac{114867,63}{(1+0,1057)^4} + \frac{114867,93}{(1+0,1057)^5} - 140547,80$$

$$VAN = 289.385,46$$

En este caso el VAN indica que es un proyecto aceptable ya que se tiene un valor mayor a 0.

## 5.8 TASA INTERNA DE RETORNO

Tasa interna de retorno es la tasa de descuento que hace que el VAN sea igual a cero o también, la tasa que iguala la suma de los flujos de entradas

---

<sup>18</sup> **Ecuación (5)**. Fórmula para calcular el Valor Actual Neto. Recuperado de <http://www.bbvacontuempresa.es/a/evaluar-proyecto-inversion-a-traves-del-van>

descontadas con la inversión inicial del proyecto. La función TIR devuelve un tipo de interés periódico. (Leiva, 2007)

Una inversión será interesante si la TIR es mayor que la tasa de interés de las otras alternativas propuestas. O sea, si el TIR  $\geq$  que el costo del capital o en su defecto la tasa de referencia que tenga la empresa que en este caso es del 10,57%, el proyecto se acepta, pero si la TIR es  $\leq$  que el costo de ese capital, se rechaza. (Leiva, 2007)

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1 + TIR)^t} - I = 0 \quad (6)$$

Donde:

$F_t$ , es el Flujo de Caja en el periodo t.

$n$ , es el número de periodos.

$I$ , es el valor de la inversión inicial.

$$0 = \frac{10695,13}{(1 + TIR)^1} + \frac{76567,03}{(1 + TIR)^2} + \frac{114867,33}{(1 + TIR)^3} + \frac{114867,63}{(1 + TIR)^4} + \frac{114867,93}{(1 + TIR)^5} - 140547,80$$

$$TIR = 39,8\%$$

---

<sup>19</sup> **Ecuación (6).** Fórmula para calcular la Tasa Interna de Retorno. Recuperado de <http://es.calcuworld.com/calculadoras-empresariales/calculadora-tir/>

Se considera un proyecto rentable ya que se tiene un valor mayor al 10,57% que es la tasa de referencia de la empresa.

## 5.9 PERIODO DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN

El periodo de recuperación de la inversión permite medir el plazo de tiempo que se requiere para que el flujo de caja de una inversión recupere su costo o inversión inicial.

**Tabla 39.** Costos de ingresos y egresos.

DESCRIPCIÓN	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2
<b>INGRESOS</b>		114500,00	170700,00
<b>EGRESOS</b>	140547,80	-140547,80	-26047,80
<b>TOTAL</b>		-26047,80	144652,20

Fuente: El Autor

El PRI se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$PRI = a + \frac{(b-c)}{d} \quad (7)$$

Donde:

a = Año inmediato anterior en que se recupera la inversión.

b = Inversión Inicial

<sup>20</sup> **Ecuación (7).** Fórmula para calcular el Periodo de Recuperación de la Inversión. Recuperado de <https://generacionproyectos.wordpress.com/2011/11/30/6-3-1-1-periodo-de-recuperacion-de-la-inversion/>

c = Flujo de Efectivo Acumulado del año inmediato anterior en el que se recupera la inversión.

d = Flujo de efectivo del año en el que se recupera la inversión.

$$PRI = 1 + \frac{(140547,80 - 10695,13)}{76567,03}$$

$$PRI = 2,69$$

Para expresar el número de meses se a la cantidad anterior se le resta el número entero y posteriormente se multiplica por 12 para determinar el número de meses del año siguiente, después al resultado obtenido se le vuelve a restar el entero obtenido de la operación y se obtiene el número de días.

$$2,69 - 2 * 12 = 8,28$$

$$8,28 - 8 * 30 = 8,40$$

Por lo tanto, el periodo de recuperación de la inversión será de dos años, ocho meses y ocho días, lo que indica que es un proyecto rentable para la empresa CINE CABLE TV.

## 5.10 RELACIÓN COSTO BENEFICIO

La relación Beneficio-Coste (B/C) compara de forma directa los beneficios y los costes. Permite determinar la viabilidad y rentabilidad del proyecto. Está dado por la siguiente fórmula:

$$\frac{B}{C} = \frac{\text{suma del flujo de caja del periodo de 5 años}}{\text{costo de inversión del proyecto}}$$

$$\frac{B}{C} = 3,07$$

La relación costo beneficio en este caso demuestra que es un proyecto rentable ya que por cada dólar de inversión se tiene 3,07 dólares de utilidad.

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1 INTRODUCCIÓN**

En este capítulo se describen las conclusiones y recomendaciones que se adquirieron durante el desarrollo del proyecto, dependiendo de los resultados obtenidos en cada proceso.

#### **5.2 CONCLUSIONES**

- La adaptación a la tecnología FTTH – GPON para la empresa CINE CABLE TV, en la ciudad de Tulcán, permitirá ofrecer más y mejores servicios de gran calidad en cuanto a velocidad, cumpliendo las necesidades de los clientes que cada vez requieren de servicios y aplicaciones de gran ancho de banda.
- Para brindar el servicio de televisión analógica en la red de acceso FTTH – GPON, se logra mediante la tecnología WDM que permite la transmisión de las longitudes de onda 1310, 1490 y 1550 nm en una sola

fibra, generando así un mayor aprovechamiento del medio, permitiendo aprovechar al máximo las fibras ópticas.

- Se realizó el diseño de la red de acceso basado en la infraestructura existente de la red HFC de la empresa CINE CABLE TV, de esta manera se redujeron costos de inversión, debido a que se cuenta con la red troncal o feeder ya instalada.
- Debido a la utilización de splitters en cascada con dos niveles de splitter se tiene un diseño de red escalable, con un presupuesto de pérdidas de enlace dentro del rango permitido, lo que permitirá el crecimiento de la red de manera fácil y rápida.
- La red de acceso FTTH mediante la tecnología GPON permite a los usuarios tener los servicios de audio y video por suscripción e internet mediante un mismo dispositivo, con gran ancho de banda, satisfaciendo las necesidades de los usuarios, permitiendo así ofrecer nuevos servicios.
- En lo referente a precios de equipos según el análisis económico podemos determinar que el costo de la red de acometida es el más grande debido a que se necesitan dispositivos para cada abonado.

- Del análisis económico realizado se concluye que el proyecto es rentable ya que se tiene una relación beneficio costo muy aceptable, esto es debido a que se cuenta con la infraestructura de red troncal ya instalada.

### 5.3 RECOMENDACIONES

- Se recomienda la migración a la tecnología GPON, debido a las grandes ventajas que presenta permitiendo eliminar el problema de saturación que se presenta con las redes de cobre.
- Se recomienda la migración de la red HFC que actualmente tiene la empresa hacia el diseño propuesto llegando con fibra óptica hasta los hogares, ya que permite ofrecer mejores servicios y se pueden brindar servicios a más usuarios.
- Se recomienda la utilización de splitters en cascada para la distribución de la red de acceso, ya que mediante este método se pueden llegar hacia más usuarios, además de ser una red flexible.
- Es necesario la realización de mantenimiento continuo de la red, es decir mantener la infraestructura de la red y los equipos en buen estado, para poder garantizar el correcto funcionamiento de la red y permitir brindar servicios de calidad a los usuarios.

## 5.4 BIBLIOGRAFÍA

- Adell, J., Enríquez, J., Jiménez, J., Lobo, J., Lozano, J., Menduïña, E., . . . De Hita, C. (2008). *Las Telecomunicaciones de Nueva Generación*. Madrid : Lerko Print S.A.
- Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones. (Marzo de 2015). *Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones*. Obtenido de Telefonía Fija, Audio - Video por suscripción y Radio TV: <http://www.arcotel.gob.ec/>
- Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones. (s.f.). *Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones*. Obtenido de Boletín Estadístico #6: <http://www.arcotel.gob.ec/>
- Alvarado, L. (Mayo de 2013). *MANUAL REDES DE COMPUTADORAS* . Obtenido de QUÉ ES ANCHO DE BANDA: [http://yoprofesor.ecuadorsap.org/wp-content/uploads/2013/05/manual\\_redes.pdf](http://yoprofesor.ecuadorsap.org/wp-content/uploads/2013/05/manual_redes.pdf)
- Álvarez, M., Berrocal, J., Francisco, G., Pérez, R., Román, I., & Vásquez, E. (2009). *TECNOLOGÍAS DE BANDA ANCHA Y CONVERGENCIA DE REDES*. Madrid, España: Paseo de la Castellana.
- Arias, A. (01 de Abril de 2013). Análisis de elementos de redes HFC. Girón, Santander, Colombia.
- Arias, A. (01 de Abril de 2013). *SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE SENA*. Obtenido de Análisis de elementos de redes HFC : [https://profearias.files.wordpress.com/2013/10/guia2\\_tt.pdf](https://profearias.files.wordpress.com/2013/10/guia2_tt.pdf)
- Borbor, D., Jiménez, G., & Estrada, R. (2007). Vulnerabilidades de Seguridad en el Servicio de Internet de Banda Ancha. *Revista tecnológica ESPOL*. Obtenido de Vulnerabilidades de Seguridad en el Servicio de Internet de Banda Ancha.
- CINE CABLE TELEVISION. (s.f.). *CINE CABLE TELEVISION*. Obtenido de Reseña Histprorica CINE CABLE TELEVISION: <http://www.cinecabletv.com/HISTORIA.html>
- COMMSCOPE. (2013). Manual de construcción y aplicaciones de banda ancha. Carolina del Norte, Estados Unidos.
- EXFO. (2012). La Guía FTTH PON: Realización de pruebas de redes ópticas pasivas, 5ª edición. Quebec, Canadá.
- FTTH COUNCIL AMERICAS . (2015). *LATINOAMÉRICA A LA VELOCIDAD DE LA LUZ. LATAM CHAPTER* , 51.

- FURUKAWA. (Junio de 2015). LASERWAY PARA AMBIENTES ENTERPRISE. Satélite, México, México.
- Galeano, J. (Diciembre de 2009). DISEÑO E INSTALACIÓN DE UNA RED FTTH. Madrid, España.
- Grupo Comunicaciones Ópticas. (2006). *Tutorial Comunicaciones Ópticas*. Obtenido de Tutorial Comunicaciones Ópticas: <http://nemesis.tel.uva.es/images/tCO/index.htm>
- Guevara, J. S. (Junio de 2010). *Universidad de Manizales*. Obtenido de TECNOLOGÍAS DE REDES PON: [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)
- Huari, F. (Abril de 2001). *TECNOLOGÍA xDSL PARA COMUNICACIONES*. Obtenido de TECNOLOGÍA xDSL PARA COMUNICACIONES: [http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtual/publicaciones/indata/v04\\_n1/tecnologia.htm#\\*](http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtual/publicaciones/indata/v04_n1/tecnologia.htm#*)
- Huawei Technologies. (2008). *HUAWEI*. Obtenido de GPON Fundamentals: <http://www.huawei.com/en/>
- ICF NEWS. (2007). GLOBAL FTTX DEVELOPMENTS FIBRE REATCHING CLOSER TO THE HOME STATISTICS. *ICF NEWS*, 9.
- International Telecommunication Union. (16 de Marzo de 2003). UIT-T G.984.2. *Redes ópticas pasivas con capacidad de gigabits: Especificación de la capa dependiente de los medios físicos* .
- International Telecommunication Union. (22 de Febrero de 2004). UIT-T G.984.3. *Redes ópticas pasivas con capacidad de gigabits: Especificación de la capa de convergencia de transmisión* .
- International Telecommunication Union. (Febrero de 2006). ITU-T G.984.2 Amendment 1. *Gigabit-capable Passive Optical Networks (G-PON): Physical Media Dependent (PMD) layer specification Amendment 1: New Appendix III – Industry best practice for 2.488 Gbit/s downstream, 1.244 Gbit/s upstream G-PON*.
- International Telecommunication Union. (29 de Marzo de 2008). ITU-T G.984.1 . *Gigabit-capable passive optical networks (GPON): General characteristics*.
- International Telecommunication Union. (29 de Marzo de 2008). ITU-T G.984.4. *Gigabit-capable Passive Optical Networks (G-PON): ONT management and control interface specification*.

- Leiva, J. C. (2007). *Los emprendedores y la creación de empresas*. Costa Rica: Editorial Tecnológica de Costa Rica.
- Millán, R. J. (2008). *GPON (Gigabit Passive Optical Network)*. Obtenido de GPON (Gigabit Passive Optical Network): <http://www.ramonmillan.com/documentos/gpon.pdf>
- Ortega, José. (2010). *Repositorio Institucional Universidad de Cuenca*. Obtenido de ELABORACIÓN DE UN PROTOCOLO DE PRUEBAS Y PROCEDIMIENTO DE HOMOLOGACIÓN DE TERMINALES xDSL PARA SU FUNCIONAMIENTO EN LA INFRAESTRUCTURA DE LA EMPRESA PÚBLICA MUNICIPAL DE TELECOMUNICACIONES, AGUA POTABLE, ALCANTARILLADO Y SANEAMIENTO DE CUENCA "ETAPA": <http://dspace.ucuenca.edu.ec/>
- Palacios, G. (Septiembre de 2013). *NORMA TÉCNICA DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE REDES DE TELECOMUNICACIONES*. Quito, Pichincha, Ecuador.
- Ramírez, L. (Enero de 2014). *El Plan de marketing de las empresas de televisión por cable y su*. Tulcán, Ecuador.
- Recomendación UIT-T G.984.3. (Febrero de 2004). *Redes ópticas pasivas con capacidad de gigabits: Especificación de la capa de convergencia de transmisión* .
- Rosabal, D. (31 de Marzo de 2011). *Tecnologías de acceso sobre redes ópticas pasivas*. Obtenido de *Tecnologías de acceso sobre redes ópticas pasivas*: <http://publicaciones.uci.cu/index.php/SC>
- Saavedra, J. (22 de Marzo de 2012). *Capacitación en diseño para el personal técnico de la CNT EP*. Quito, Pichincha, Ecuador.
- Saavedra, J. (25 de Febrero de 2013). *CAPACITACION EN DISEÑO DE ODN DE RED FTTH*. Quito, Pichincha, Ecuador.
- Sallent, S. (Diciembre de 1997). *LAS TECNOLOGÍAS DE ACCESO EN LAS COMUNICACIONES DE BANDA ANCHA*. Obtenido de *LAS TECNOLOGÍAS DE ACCESO EN LAS COMUNICACIONES DE BANDA ANCHA*: <https://upcommons.upc.edu/revistes/bitstream/2099/9838/1/Article014.pdf>

# **ANEXOS**

**ANEXO A**

**DATASHEET OLT**



## Huawei MA5608T - Mini OLT (Optical Line Terminal)

Compact design supporting flexible deployment of xPON, VDSL2+POTS Combo, and Ethernet for residential or business service applications.

### Product Highlights

**Compact and modular design:** 2 RU, 19" rack mounting, 12" depth.

**I/O Slots:** 2 slots for service cards, 2 slots for switch and control cards, 1 slot for redundant power input.

**Switch and control card with uplink ports:** 60 Gbps switch card with integrated 2 port 10GbE and 2 port 1GbE WAN uplinks.

**Service cards:** 8 or 16 port GPON, 4 port XG-PON1, 48 port VDSL2+POTS Combo.

**All service cards are interchangeable with other MA5600 Series OLTs.**

#### Large capacity in Small Size –

- 200 Gbps backplane
- 20 Gbps/slot capacity
- 120 Gbps load sharing switching capacity
- 2x10 Gbps uplink capacity

#### Advanced Layer 2 Functions –

- QoS with traffic classification and L2 forwarding policy
- Standard VLAN, QinQ VLAN, VLAN stacking
- Flexible QinQ VLAN tagging
- DHCP Option 82 in L2 mode
- MEF-9 & MEF-14 certification

#### L3 Functions for maximum deployment flexibility –

- ARP, ARP proxy
- DHCP relay, DHCP proxy
- Static routing
- Dynamic routing: RIP, OSPF, ECMP
- Multicast: IGMP v2/v3, IGMP proxy, IGMP snooping

#### High Reliability –

- WAN uplink redundancy: BFD, MSTP, LACP, RSTP, RRRP
- Fiber redundancy with 50ms switchover
- Carrier Class Availability: Dual switch and control card, dual power input, PON port redundancy



The MA5608T Mini OLT is designed to address Fiber to the premise (FTTP) or deep fiber deployment scenarios where a large OLT chassis may not be the best fit for a variety of reasons. Huawei's mini OLT MA5608T is designed to be the perfect complement to the other MA5600 series larger OLTs and offers the same carrier grade features and performance.

MA5608T's compact and front access design make it an ideal solution for deployments in locations such as space-constrained huts, outdoor cabinets or building basements. It has AC and DC powering options, extended temperature range, and offers easy installation.

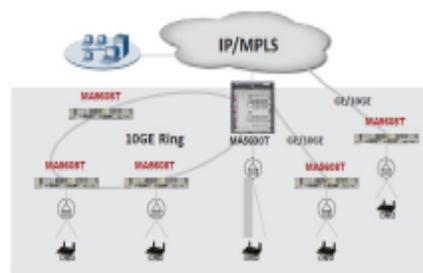
Designed to support ever-increasing bandwidth demand, MA5608T has 200 Gbps backplane. The combination of the high-capacity and line interfaces with best-in-class performance allows the operators to deliver a range of services for maximum revenue at highly competitive cost points.

The MA5608T shares the same product architecture with the MA5600 series OLTs to allow seamless network growth. It features:

- Shared services cards including GPON, XG-PON1 and VDSL2+POTS Combo. Any card, any slot in any combination.
- Dual switching and control cards for redundancy and loadsharing with GE and 10GE uplinks.
- Same software features and functions as other MA5600 series OLTs and interoperability with a large suite of ONTs, DSL CPEs, and Softswitches for voice service.

## Product Features

<b>GPON</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 16 ports per card or 8 ports per card</li> <li>• Robust Compliance to G.984 Series standards with 2.5/1.2 Gbps downstream and 1.2Gbps line speed performance</li> <li>• Support for B+ or C+ optical modules (SFPs) with max 40km differential distance</li> <li>• Up to 1:128 split ratio per GPON port</li> <li>• Optical Power Monitoring, Real Time Rogue ONT detection/isolation</li> </ul>
<b>XG-PON1</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 4 ports per card</li> <li>• Fully compatible with GPON - compliance G.987 Series standards with 10/2.5 Gbps line speed performance</li> <li>• Supports XFP optical modules</li> </ul>
<b>VDSL2+POTS Combo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 48 VDSL2 and POTS integrated ports with up to 17a profile</li> <li>• Two-pair bonding for maximum speed</li> <li>• G.INP (G.998.4) support for re-transmission at the physical layer</li> <li>• Built-in support for SELT, DELT, and MELT</li> <li>• POTS line Loop-Start Operation</li> <li>• Ringing Mode – Balanced ringing with -15VDC offset on "Ring"</li> <li>• Multiple CODECs – G.711 (<math>\mu</math>-Law and A-Law), G.729, G.723, G.726</li> </ul>



### MA5608T can be deployed in many different scenarios including:

- Direct interface to IP/MPLS networks
- Subtended via an aggregation node, e.g. MA5600T
- In a ring topology with MA5600T serving as the master node

## Product Specifications

<b>Powering Options</b>	DC: -38.4VDC to -72VDC; AC: 100V to 240V
<b>Dimensions (Height x Width x Depth)</b>	3.47in x 17.4in x 9.63in
<b>Operating Temperature</b>	-40° F to +149° F
<b>Storage Temperature</b>	-40° F to +158° F
<b>Cooling</b>	Two multispeed fans, providing left to right forced air flow
<b>Weight</b>	7.8 lbs (3.55 kg) empty
<b>Operating Humidity</b>	5% to 85%, non-condensing, Altitude: 197 ft (60 m) below sea level to 13,123 ft (4,000 m) above sea level
<b>Regulatory and Safety</b>	UL listed, FCC, NEBS Level 3



Huawei Technologies (USA)  
5700 Tennyson Pkwy., Ste 500  
Plano, TX 75024  
Main: 214-919-6000  
Email: [usasales@huawei.com](mailto:usasales@huawei.com)

Copyright © Huawei Technologies Co., Ltd. 2014.  
All Rights Reserved. The information contained in this document is for reference purpose only, and is subject to change or withdrawal according to specific customer requirements and conditions.

Huawei is a leading global provider of communication telecom networks and is currently serving 45 of the world's top 50 telecom operators to support the communications of one-third of the world's population. The company is committed to providing innovative and customized products, services and solutions to create long-term value and growth potential for its customers.

For more information, please visit [www.huawei.com/us](http://www.huawei.com/us).

**ANEXO B**

**DATASHEET TRANSMISOR RF 1550 nm**

**Quick Details**

Place of Origin: Zhejiang, China (Mainland)	Brand Name: Softel	Model Number: ST1550-2-7
Modulation type: external	wavelength: 1550nm	power supply: 220V 110V 48V
optical connector: SC/APC FC/APC	Fiber out: 1 fiber out or 2 fiber out	laser transmitter and receiver SNMP: with SNMP
Main market: south america, central america	laser transmitter and receiver SBS: 13-19 Adjustable	optical fiber transmitter and receiver: transmitter
Warranty: 2 years		

**Packaging & Delivery**

Packaging Details:	export standard packing
Delivery Detail:	15 day

**Specifications**

- laser transmitter and receiver
- 1.Low chirp effect, high linearity DFB laser
  - 2.Laser OMI AGC/MGC
  - 3.Dual Module

**laser transmitter and receiver**



[www.softel-optic.com](http://www.softel-optic.com)

It is important equipment to set up CATV HFC networks, and primarily used for TV video signal, digital TV signal, telephone voice signal and data (or compressed data) signal long-distance fiber transmission. The product use import high performance DFB laser transmitter as light source, RF drive adopts RF power digital automatic process technique and advanced RF pre-distortion circuit developed by our company and built-in perfect microprocessor automatic monitor system insure the excellent function of the product.



[www.softel-optic.com](http://www.softel-optic.com)



Performance			Index	Supplement
Optic feature	Laser wavelength( $\lambda$ )	(nm)	1310 $\pm$ 10	
	Output power	(dBm)	4~24	
	Return loss	(dB)	$\geq$ 60	
	Optic fiber connector		FC/APC	SC/APC
RF feature	Work bandwidth	(MHz)	45-862	
	Input level	(dBmV)	15~25	AGC
	Flatness	(dB)	$\leq \pm 0.75$	45~862MHz
	Return loss	(dB)	>16	45~750MHz
	Input impedance	( $\Omega$ )	75	
Link feature	Transmit channel		PAL-D/60ch	NTSC/80ch
	CNR	(dB)	$\geq 52$	10Km optic fiber, 0dBm receive
	CTB	(dB)	$\leq -70$	
	CSO	(dB)	$\leq -63$	
General feature	Network interface port		RJ45, R232	Support I.E. & SNMP
	Power supply	(V)	90~265AC	-48VDC optional (30~60VDC)
	Power Consume	(W)	$\leq 50$	Single power works
	Work temp.	( $^{\circ}$ )	-5~65	Machine temp. control automatically
	Storage temp.	( $^{\circ}$ )	-40~85	
	Work relative temp.	(%)	5~95	
	Size	(")	19 $\times$ 14 $\times$ 1.75	(W) $\times$ (D) $\times$ (H)

**ANEXO C**

**DATASHEET EDFA – WDM**

## Product Details

### Basic Info.

Model NO.: SOA5834	Type: Fiber Optic Amplifier
Wiring Devices: Fiber Cable	Certification: ISO
Condition: New	Item: 1550 EDFA
Application: Hfc, FTTX	Optical Connector: Sc/APC or FC/APC
Power Supply: 220V or 110V	EDFA Noise Figure: 6.3 Db
EDFA Wavelength: 1550A±5nm	Amplifier Isolation: 30db
Output Optical Power: 13-26db	OEM ODM: Acceptable
Warranty: 12 Months	Export Markets: Global

### Additional Info.

Trademark: SOFTEL OEM	Packing: Standard Carton
Standard: ROHS	Origin: Zhejiang, China
Production Capacity: 1000 PCS/Month	

### Product Description

OLT PON WDM 1550nm EDFA

CATV 1550nm EDFA ( Optical Audio/Video Amplifier ) perfect APC, ACC and ATC control, excellent design in the ventilation and heat-dissipation ensure the long life and high reliable work of pump laser. RS232 and RJ45 offer serial commutation and SNMP network management port. All the optical port of 1550nm catv amplifier EDFA can be installed in the front panel (also can be in the back panel if customers specify).

Softel 1550nm catv optical amplifier EDFA product, for its high quality, high reliable and high cost performance, is the ideal choice of the system integration and system operation.

#### Features

- 1540~1563nm operating wavelength for optical amplifier
- 500~10000mW (27~40dBm) high output power
- Low noise subnumber ( Typ ≤ 4.5dB, Max ≤ 5.0dB )
- High performance, high reliability
- 8~64 uplink optical port, used in OLT
- 8~64 1550nm output optical port, multiplex 1310/1490nm data stream
- Can be compatible with any FTTx PON Technology: EPON/GEPON, GPON, BPON, DPON
- Perfect RS232, SNMP
- Efficient space, flexible installation and easy operation
- Excellent P/P ratio

Index			Supplement			
Min.	Typ.	Max.				
Optical feature	Operating wavelength range	(nm)	1540		1563	CATV
	Input power	(dBm)	-10		7.5	
	Total output power1)	(dBm)	27		32	1U
			28		37	2U
	Number of output port	(pcs)	4		16	1U, SC/APC, LC/APC
			8		32	1U, LC/APC
			8		32	2U, SC/APC, LC/APC
			16		64	2U, LC/APC
	Difference of each output power	(dB)	-0.5		0.5	
	Output power adjustable range	(dBm)	-6		0	
	Noise figure (Pin=0dBm)	(dB)		4.5	5	SOA5437
	Polarization dependence loss	(dB)			0.3	
	Polarization dependence gain	(dB)			0.4	
	Polarization mode dispersion	(ps/nm)			0.3	
Input/output isolation	(dB)	30				
Pump power leakage	(dBm)			-30		
Echo loss	(dB)	55			APC	
General feature	Serial interface		RS232			
	SNMP network management interface		RJ45			
	Power supply	(V)	90		265	220VAC
			30		72	-48VDC
	Power consume	(W)			150	
	Work temp.	( °C )	-5		65	
	Storage temp.	( °C )	-40		80	
	Relative humidity	(%)	5		95	
Size (W) × (D) × (H)		19 × 14.3 × 1.75 ( " ) 483 × 363 × 44 ( mm )			1RU (19")	
		19 × 14.7 × 3.5 ( " ) 483 × 373 × 89 ( mm )			2RU (19")	

**ANEXO D**  
**DATASHEET ONT**

# A Smarter Way for Your Broadband Life

Huawei HG8247H, an intelligent routing-type ONT

Smart  
service

Smart  
interconnection



Smart O&M



## ○ Device Parameters

Dimensions (HxWxD)	(220 x 160 x 32)mm (without an external antenna)
Weight	about 1000g
Operating temperature	0°C to +40°C
Operating humidity	5%RH to 95%RH (non-condensing)
Power adapter Input	100–240V AC, 50–60Hz
System power supply	11–13V DC, 2 A
Static power consumption	7.5W
Maximum power consumption	18W
Ports	2POTS+4GE+CATV+WI-FI+USB
Indicators	POWER/PON/LOS/LAN/TEL/USB /WLAN/WPS/CATV

## ○ Interface Parameters

<b>GPON Port</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Class B+</li> <li>• Receiver sensitivity: -27dBm</li> <li>• Wavelengths: US 1310nm, DS 1490nm</li> <li>• WBF</li> <li>• Flexible mapping between GEM Port and TCONT</li> <li>• GPON: consistent with the SN or password authentication defined in G.984.3</li> <li>• Bi-directional FEC</li> <li>• SR-DBA and NSR-DBA</li> </ul>
<b>Ethernet Port</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ethernet port-based VLAN tags and tag removal</li> <li>• 1:1 VLAN, N:1 VLAN, or VLAN transparent transmission</li> <li>• QinQ VLAN</li> <li>• Limit on the number of learned MAC addresses</li> <li>• MAC address learning</li> </ul>
<b>CATV Port</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bandwidth 54-870 MHz</li> <li>• Output resistance 75 ohms</li> </ul>
<b>POTS Port</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Maximum REN: 4</li> <li>• G.711A/μ, G.729a/b, and G.722 encoding/decoding</li> <li>• T.30/T.38/G.711 fax mode</li> <li>• DTMF</li> <li>• Emergency calls (with the SIP protocol)</li> </ul>
<b>USB Port</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• USB2.0</li> <li>• FTP-based network storage</li> </ul>
<b>WLAN</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• IEEE 802.11 b/g/n</li> <li>• 2 x 2 MIMO</li> <li>• Antenna gain: 2 dBi</li> <li>• WMM</li> <li>• Multiple SSIDs</li> <li>• WPS</li> </ul>

## ○ Product Function

### Smart interconnection

- Smart Wi-Fi coverage (V300R015C10)
- SIP/H.248 auto-negotiation
- Any port any service
- Parental control (V300R015C00)
- L2/L3(IPv4) forwarding: 1G uplink, 2G downlink

### Smart service

- Smart Wi-Fi sharing: Portal/802.1x authentication (V300R015C10)
- SoftGRE-based sharing (V300R015C10)
- Association of one account with two POTS ports

### Smart O&M

- IPTV video quality diagnosis (V300R015C10)
- Variable-length OMCI messages
- Active/Passive rogue ONT detection and isolation
- Call emulation, and circuit test and loop-line test
- PPPoE/DHCP simulation testing
- WLAN emulation

### Layer 3 Features

- PPPoE/Static IP/DHCP
- NAT/NAPT
- Port forwarding
- ALG, UPnP
- DDNS/DNS server/DNS client
- IPv6/IPv4 dual stack, and DS-Lite
- Static/Default routes
- Multiple services on one WAN port

### Multicast

- IGMP v2/v3 proxy (V300R015C00) /snooping
- MLD v1/v2 snooping
- Multicast services through Wi-Fi

### QoS

- Ethernet port rate limitation
- 802.1p priority
- SP/WRR/SP+WRR
- Broadcast packet rate limitation

### Security

- SPI firewall
- Filtering based on MAC/IP/URL addresses

### Common O&M

- OMCI/Web UI/TR069
- Dual-system software backup and rollback

### Power Saving

- Dynamic power saving
- Indicator power saving
- Scheduled Wi-Fi shutdown (V300R015C00)



**ANEXO E**

**PLANO RED ACTUAL EMPRESA CINE CABLE TV**

**ANEXO F**

**PLANO DISEÑO DE LA RED**