



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN
TELECOMUNICACIONES Y REDES

**“ESTUDIO Y DISEÑO DE UNA RED DE ACCESO GPON PARA LOS
SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES TRIPLE PLAY (VOZ, VIDEO Y
DATOS) EN EL SECTOR ORIENTAL DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA”**

TESIS DE GRADO

Previo la obtención del título de

INGENIERO EN ELECTRÓNICA TELECOMUNICACIONES Y REDES

Presentado por:

MARIA SOL GOMEZ BOSSANO

ADRIANA PAOLA MOREJON GAIBOR

RIOBAMBA-ECUADOR

2012

A Dios porque está en cada paso que damos y es el pilar fundamental de nuestra vida.

A nuestros padres, familiares y amigos.

A todos los ingenieros, quien con humildad, sinceridad y responsabilidad, supieron guiarnos e impartir sus valiosos conocimientos a lo largo de nuestra carrera y para la culminación de la tesis.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en especial a la Escuela de Ingeniería Electrónica en Telecomunicaciones y Redes, por brindarme la oportunidad de formarme profesionalmente para ser una persona exitosa.

A mi familia, mi madre Anita y hermana María Gracia por el esfuerzo, sacrificio pero sobre todo por el gran amor con el que me acompañaron durante mi carrera.

A mi esposo Luis por su apoyo y empuje y por brindarme siempre un aliento en los momentos más difíciles.

A mis amigos los cuales a través de su alegría y compañía hicieron de mi carrera política una de mis mejores experiencias para formarme no solo en el ámbito profesional sino a nivel personal, en especial a Paola mi amiga y compañera de tesis el más sincero agradecimiento por su apoyo y fuerza para sacar adelante este proyecto.

María Sol

A mis padres, quienes a lo largo de mi vida han velado por mi bienestar y educación siendo mi fortaleza en todo momento, en especial a ti mamita por ser el pilar fundamental de mi vida, por hacer de mí una persona de bien y ser un gran ejemplo a seguir.

A mi hermano Omar y mis sobrinas Paula y Rihanna por creer en mí y hacerme feliz a pesar de la distancia.

A mi novio Víctor gracias por la paciencia, el amor y compañía incondicional a lo largo de estos años.

A mis demás familiares y amig@s que han estado siempre que he necesitado de su comprensión y cariño, en especial a Sol por no sólo ser mi compañera de tesis sino mi mejor amiga gracias por estar a mi lado en tantas alegrías y tristezas.

Adriana Paola

FIRMAS RESPONSABLES Y NOTA

NOMBRE

FIRMA

FECHA

Ing. Iván Menes

**DECANO DE LA FACULTAD DE
INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA**

Ing. Pedro Infante

**DIRECTOR DE ESCUELA DE
INGENIERÍA ELECTRÓNICA
TELECOMUNICACIONES Y REDES**

Ing. Daniel Haro M.

DIRECTOR DE TESIS

Ing. Edwin Altamirano

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Tlgo. Carlos Rodríguez

**DIRECTOR CENTRO DE
DOCUMENTACION**

NOTA DE LA TESIS: _____

“Nosotras, **María Sol Gómez Bossano** y **Adriana Paola Morejón Gaibor**,
somos responsables de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta
tesis; y, el patrimonio intelectual de la Tesis de Grado pertenece a la ESCUELA
SUPEROR POLITECNICA DE CHIMBORAZO”

María Sol Gómez Bossano

Adriana Paola Morejón Gaibor

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

ACRÓNIMO	SIGNIFICADO
CNT	Corporación Nacional de Telecomunicaciones.
ATM	Asynchronous Transfer Mode, Modo de Transferencia Asíncrono.
FTTX	Fiber To The X(Any Place), Fibra hasta X(Cualquier Lugar).
IP	Internet Protocol, Protocolo de Internet.
PON	Passive Optical Network, Redes Ópticas Pasivas.
GPON	Gigabit Passive Optical Network, Redes Ópticas Pasivas con capacidad de Gigabit.
LAN	Local Area Network, Redes de Area Local.
DSL	Digital Subscriber Line, Línea Digital de Suscriptor.
DSLAM	Digital Subscriber Line Access Multiplexer, Multiplexor de Línea de Acceso Digital del Abonado.
OLT	Optical Line Terminal, Terminal de Línea Óptica.
ONT	Optical Network Terminal, Terminal de Red Óptica.
ONU	Optical Network Unit, Unidad de Red Óptica.
ODN	Optical Distribution Network, Red Óptica de Distribución.
APON	ATM (Asynchronous Transfer Mode) Passive Optical Network, Redes Ópticas Pasivas ATM (Modo de Transferencia Asíncrono).
BPON	Broadband Passive Optical Network, Redes Ópticas Pasivas de Banda Ancha.
EPON	Ethernet Passive Optical Network, Redes Ópticas Pasivas Ethernet.

VDSL	Very High Speed Digital Subscriber Line, Línea Digital de Suscriptor de muy alta Velocidad.
ITU	International Telecommunications Union, Unión Internacional de Telecomunicaciones.
SONET	Synchronous Optical Networking, Red Óptica Síncrona.
SDH	Synchronous Digital Hierarchy, Jerarquía Digital Síncrona.
DBA	Dynamic Bandwidth Assignment, Asignación Dinámica del Ancho de Banda.
GEM	GPON Encapsulation Method, Método de Encapsulación GPON.
WDM	Wavelength Division Multiplexing, Multiplexación por División de Longitud de Onda.
TDM	Time Division Multiplexing, Multiplexación por División de Tiempo.
TDMA	Time Division Multiple Access, Acceso Múltiple por División de Tiempo.
FTTH	Fiber to the Home, Fibra hasta la Casa.
FTTN	Fiber to the Node, Fibra hasta el Nodo.
FTTB	Fiber to the Building, Fibra hasta el Edificio.
FTTC	Fiber to the Curb, Fibra hasta la Acera.
BER	Bit Error Rate, Tasa de Error de Bit.

ÍNDICE GENERAL

PORTADA	
DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
FIRMAS DE RESPONSABILIDAD	
RESPONSABILIDAD DEL AUTOR	
ÍNDICE	
INTRODUCCION	

CAPÍTULO I: GENERALIDADES

1.1 ASPECTOS GENERALES	19
1.2 FORMULACIÓN GENERAL DEL PROYECTO DE TESIS	20
1.2.1 Antecedentes	20
1.2.2 Justificación del Proyecto de Tesis.....	21
1.2.3 Objetivos	22
1.2.3.1 Objetivo General	22
1.2.3.2 Objetivos Específicos	22
1.2.4 Hipótesis	23

CAPÍTULO II: FUNDAMENTOS TEORICOS

2.1 SERVICIOS TRIPLE PLAY	24
2.1.1 Definición.....	24
2.1.2 SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES QUE COMPONEN EL PAQUETE TRIPLE PLAY	25
2.1.2.1 VOZ	25
2.1.2.2 ACCESO A INTERNET	25
2.1.2.3 VIDEO	26
2.2 REDES DE ACCESO.....	27
2.2.1 LINEA DIGITAL DE SUSCRIPTOR (XDSL, x Digital Subscriber Line)	28
2.2.2 REDES OPTICAS DE ACCESO.....	29

2.2.2.1 REDES ÓPTICAS DE ACCESO (xPON).....	30
2.2.2.1.1 APON (ATM (Asynchronous Transfer Mode) PON)	31
2.2.2.1.2 BPON (Broadband PON - Red Óptica Pasiva de Banda Ancha).....	32
2.2.2.1.3 EPON (Ethernet PON).....	32
2.3 REDES OPTICAS PASIVAS CON CAPACIDAD DE GIGABIT GPON.....	33
2.3.1 Tecnologías y Protocolos Utilizados por las Redes GPON.....	35
2.3.1.1 DBA Dynamic Bandwidth Allocation.....	35
2.3.1.2 ATM Asynchronous Transfer Mode.....	35
2.3.1.3 GEM GPON Encapsulation Method.....	36
2.3.2 RECOMENDACIONES UIT G.984.X.....	37
2.3.3 ARQUITECTURA DE RED GPON.....	38
2.3.3.1 TRAMA DOWSTREAM.....	39
2.3.3.2 TRAMA UPSTREAM.....	40
2.3.4 MULTIPLEXACION DE SERVICIOS.....	42
2.3.4.1 CANAL DESCENDENTE.....	42
2.3.4.2 CANAL ASCENDENTE.....	42
2.3.5 ELEMENTOS DE UNA RED GPON.....	44
2.3.5.1 Equipo Terminal de Línea Óptica (OLT, Optical Line Terminal).....	45
2.3.5.2 Red óptica de distribución (ODN, Optical Distribution Network).....	45
2.3.5.3 Equipo Terminal de Red Optica (ONT, Optical Network Terminal).....	48
2.3.5.4 Equipo Unidad de Red Optica (ONU, Optical Network Unit).....	49
2.4 ARQUITECTURAS DE RED FTTx (Fiber To The x).....	50
2.4.1 Topología.....	50
2.4.2 Medio de Transmisión - Fibra Óptica.....	51
2.4.2.1 Composición.....	51
2.4.2.2 Tendido del Cable de Fibra Óptica.....	51
2.4.2.2.1 Comparación entre los diferentes Tipos de Cables para Tendido Aéreo.....	52
2.4.2.3 Fibra Monomodo.....	52
2.4.3 Clasificación tecnología FTTX.....	53
2.4.3.1 Fibra hasta el Hogar, FTTH (Fiber To The Home)	53
2.4.3.2 Fibra hasta el edificio, FTTB (Fiber To The Building).....	54
2.4.3.3 Fibra hasta la Manzana, FTTC (Fiber To The Curb)	55
2.4.3.4 Fibra hasta el Nodo FTTN (Fiber To The Building.).....	56

CAPÍTULO III: ANALISIS DEL MERCADO

3.1 INTRODUCCION.....	57
3.2 PRECIOS DE ALGUNAS DE LAS EMPRESAS QUE OFRECEN SERVICIOS DE INTERNET, TELEVISIÓN Y TELEFONÍA FIJA EN LA CIUDAD DE RIOBAMBA.....	57
3.2.1 COORPORACION NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES.....	58
3.2.1.1 Precios.....	58
3.2.1.1.1 PLANES DE INTERNET FASTBOY.....	58
3.2.1.1.2 LINEA TELEFONICA RESIDENCIAL.....	58
3.2.2 GRUPO TV CABLE.....	59
3.2.2.1 PRECIOS.....	59
3.2.3 FASTNET Cia.Ltda.....	59
3.2.3.1 PRECIOS.....	59
3.2.4 PUNTONET.....	60
3.2.4.2 PRECIOS.....	60
3.2.5 TELCONET.....	60
3.2.5.1 PRECIOS.....	60
3.3 ANALISIS DEL MERCADO.....	61
3.3.1 TAMAÑO DEL MERCADO.....	62
3.3.2 CALCULO DE LA MUESTRA.....	62
3.3.3 ANALISIS DE RESULTADOS.....	62
3.3.4 ESTIMACION DE LA DEMANDA INSATISFECHA.....	68
3.3.5 PROYECCION DE LA DEMANDA.....	69
3.4 ESTADO ACTUAL DE LA RED DE LA CORPORACIÓN NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES (CNT EP) EN LA CIUDAD DE RIOBAMBA.....	72
3.4.1 TECNOLOGÍA EXISTENTE EN LA CNT EP.....	72

CAPÍTULO IV: DISEÑO DE LA RED DE ACCESO GPON

4.1 INTRODUCCION.....	76
4.2 CONDICIONES PRELIMINARES DE LA RED.....	76

4.3 DISEÑO DE LA RED.....	77
4.3.1 TIPO DE RED A UTILIZARSE EN EL DISEÑO	77
4.3.2 TOPOLOGÍA DE LA RED.....	79
4.3.2.1 En árbol.....	79
4.3.2.2 En bus.....	79
4.3.2.3 En anillo.....	80
4.3.3 DIVISION DEL SECTOR SELECCIONADO.....	81
4.3.4 UBICACIÓN DE LA OLT.....	82
4.3.5 TIPO DE FIBRA A UTILIZARSE.....	83
4.3.6 Ubicación de los splitters	84
4.3.6.1 Ubicación splitter primario.....	85
4.3.6.2 Ubicación de los splitters secundarios y ONUs en cada zona.....	85
4.3.7 Distribución del servicio a los usuario.....	88
4.3.7.1 Equipo final de usuario.....	88
4.4 EQUIPOS PRINCIPALES.....	89
4.4.1 OLT ALCATEL-LUCENT 7342	90
4.4.2 ONU- ALCATEL-LUCENT ISAM 7302.....	91
4.5 CALCULOS DEL SISTEMA.....	91
4.6 COSTO-BENEFICIO DEL PROYECTO.....	96

CAPÍTULO V: PRUEBAS Y RESULTADOS

5.1 Herramienta de Simulación.....	98
5.1.1 Descripción de la Herramienta	98
5.2 Simulación	100
5.2.1 OLT.....	101
5.2.2 ONU.....	102
5.2.3 Splitter	102
5.2.4 Cable	103
5.2.5 Resultados de la simulación	104

CAPÍTULO VI: COMPROBACION DE LA HIPOTESIS

6.1	SISTEMA HIPOTETICO	107
6.2	HIPOTESIS DE LA INVESTIGACION.....	107
6.2.1	OPERATIVIDAD DE LAS VARIABLES	107
6.2.2	OPERATIVIDAD METODOLOGICA	108
6.3	DESCRIPCION DE LAS VARIABLES Y SUS RESPECTIVOS INDICADORES..	109
6.3.1	V1. VARIABLE INDEPENDIENTE.....	109
6.3.2	V2. VARIABLE DEPENDIENTE	110
6.4	ESTUDIO COMPARATIVO.....	111
6.4.1.1	TABLA DE RESUMEN DE LA VARIABLE INDEPENDIENTE	113
6.4.2	ESTUDIO COMPARATIVO DE LA VARIABLE DEPENDIENTE FIABILIDAD DEL ENLACE.....	114
6.4.1.1	TABLA DE RESUMEN DE LA VARIABLE DEPENDIENTE FIABILIDAD DEL ENLACE.....	116
6.5	COMPROBACION DE LA HIPOTEIS	117
6.5.1	Frecuencias Observadas	117
6.5.2	Frecuencias Esperadas	118
6.5.3	Grados de Libertad	119

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA

RESUMEN

SUMMARY

ANEXOS

INDICE DE FIGURAS

<i>Figura II-1: Topología en el Acceso de una Red xDSL.....</i>	<i>29</i>
<i>Figura II-2: Red Óptica Pasiva.</i>	<i>30</i>
<i>Figura II-3: Red convencional con tecnología APON.....</i>	<i>31</i>
<i>Figura II-4: Red BPON.....</i>	<i>32</i>
<i>Figura II-5: Funcionamiento EPON.....</i>	<i>33</i>
<i>Figura II-6: Estructura de un sistema GPON.</i>	<i>34</i>
<i>Figura II-7: Arquitectura de red GPON.....</i>	<i>38</i>
<i>Figura II-8: Principio GPON Transmisión Downstream Tipo Broadcast.</i>	<i>39</i>
<i>Figura II-9: Formato de la Trama Downstream..</i>	<i>40</i>
<i>Figura II-10: Principio GPON Transmisión Upstream Sincronizado por la OLT.</i>	<i>40</i>
<i>Figura II-11: Formato de la Trama Upstream.</i>	<i>41</i>
<i>Figura III-12: Esquema de T-CONT para transporte de Datos GPON.....</i>	<i>42</i>
<i>Figura II-13: Encapsulamiento GPON...</i>	<i>43</i>
<i>Figura II-14: Donde y porque ubicar la OLT.</i>	<i>45</i>
<i>Figura II-15: Diagrama de la Red Óptica de Distribución.</i>	<i>46</i>
<i>Figura II-16: Razón de splitters.</i>	<i>47</i>
<i>Figura II-17: Ubicación de splitters</i>	<i>48</i>
<i>Figura II-18: Topologías de red FTTx</i>	<i>50</i>
<i>Figura II-19: Funcionamiento de FTTH.....</i>	<i>54</i>
<i>Figura II-20: Funcionamiento de FTTB.</i>	<i>55</i>
<i>Figura II-21: Funcionamiento de FTTC.</i>	<i>56</i>
<i>Figura II-22: Funcionamiento de FTTN.....</i>	<i>56</i>
<i>Figura III-23: Porcentaje de líneas telefónicas en el sector encuestado.....</i>	<i>63</i>
<i>Figura III-24: Porcentaje de hogares que cuentan con servicio de Internet residencial.....</i>	<i>64</i>
<i>Figura III-25: Porcentaje de hogares que cuentan con el servicio de Televisión por Cable o Satelital.....</i>	<i>65</i>
<i>Figura III-26: Grado de satisfacción de los usuarios</i>	<i>66</i>

<i>Figura III-27: Uso diario de los servicios de Internet y Televisión por Cable</i>	<i>67</i>
<i>Figura III-28: Porcentaje de hogares dispuestos a contratar un paquete de servicios TRIPLE PLAY.....</i>	<i>67</i>
<i>Figura III-29: Posibles valores mensuales por el paquete de servicios Triple Play</i>	<i>68</i>
<i>Figura III-30: Crecimiento de la demanda proyectada.</i>	<i>72</i>
<i>Figura III-31: Anillo entre Nodos en la ciudad de Riobamba</i>	<i>75</i>
<i>Figura III-32: Red existente del Nodo Oriental y sus correspondientes AMG's.</i>	<i>75</i>
<i>Figura IV-33: Topología en árbol..</i>	<i>79</i>
<i>Figura IV-34: Topología en bus.</i>	<i>80</i>
<i>Figura IV-35: Topología en anillo.</i>	<i>80</i>
<i>Figura IV-36: Topología de la red propuesta.</i>	<i>81</i>
<i>Figura IV-37: Ubicación del armario principal.</i>	<i>86</i>
<i>Figura IV-38: Conexión entre la ONU y el equipo final de usuario</i>	<i>90</i>
<i>Figura IV-39: Alcatel-Lucent 7342 OLT Chassis</i>	<i>91</i>
<i>Figura IV-40: Alcatel-Lucent ISAM 7302 ONU.....</i>	<i>92</i>
<i>FiguraV-41: Interfaz gráfica de OptiSystem.....</i>	<i>100</i>
<i>Figura V-42: Parámetros para la transmisión a 1490nm.</i>	<i>102</i>
<i>Figura V-43: Parámetros para la transmisión a 1510nm.</i>	<i>102</i>
<i>Figura V-44: Parámetros de la ONU</i>	<i>103</i>
<i>Figura V-45: Parámetros del Splitter</i>	<i>104</i>
<i>Figura V-46: Parámetros del cable de fibra óptica</i>	<i>105</i>
<i>Figura V-47: Diagrama de ojo de la OLT.....</i>	<i>106</i>
<i>Figura V-48: Diagrama de ojo de la ONU</i>	<i>106</i>
<i>Figura VI-49: Evolución de la tecnología.....</i>	<i>113</i>
<i>Figura VI-50: Servicios de la tecnología GPON</i>	<i>114</i>
<i>Figura VI-51: Atenuación del enlace.</i>	<i>115</i>
<i>Figura VI-52: Factibilidad con el parámetro BER</i>	<i>116</i>
<i>Figura VI-53: Gráfico chi cuadrado</i>	<i>121</i>

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla II-I: Comparación entre las principales tecnologías de acceso xDSL.....</i>	<i>28</i>
<i>Tabla II-II: Tasas de transmisión GPON.....</i>	<i>41</i>
<i>Tabla III-III: Rango de longitudes de onda de operación de splitters</i>	<i>47</i>
<i>Tabla II-IV: Comparación entre los cables aptos para tendido aéreo.....</i>	<i>52</i>
<i>Tabla III-V: Precios del servicio de Interne CNT.....</i>	<i>58</i>
<i>Tabla III-VI: Precios de Telefonía Fija CNT.....</i>	<i>59</i>
<i>Tabla III-VII Precios de Televisión por Cable(Grupo TV CABLE).....</i>	<i>59</i>
<i>Tabla III-VIII: Precios de Servicio de Internet FASTNET.....</i>	<i>59</i>
<i>Tabla III-IX: Precios de Servicios de Telecomunicaciones Punto net.....</i>	<i>60</i>
<i>Tabla III-X: Precios de Servicios de Internet Telconet</i>	<i>60</i>
<i>Tabla III-XI: Resultados de la pregunta 1 opción a.....</i>	<i>63</i>
<i>Tabla III-XII: Resultados de la pregunta 1 opción b.....</i>	<i>64</i>
<i>Tabla III-XIII: : Resultados de la pregunta 1 opción c</i>	<i>64</i>
<i>Tabla III-XIV: Resultados de la pregunta 2.....</i>	<i>66</i>
<i>Tabla III-XV: Resultados de la pregunta 4.....</i>	<i>67</i>
<i>Tabla III-XVI: Crecimiento poblacional a nivel nacional.....</i>	<i>70</i>
<i>Tabla III-XVII: Datos históricos de la población estimada del sector.....</i>	<i>70</i>
<i>Tabla III-XVIII: Resultados obtenidos a partir de la formula de regresión lineal.....</i>	<i>71</i>
<i>Tabla III-XIX: Población estimada del sector a partir del año 2012.....</i>	<i>71</i>
<i>Tabla III-XX: Demanda Proyectada de Servicio Triple Play</i>	<i>72</i>
<i>Tabla IV-XXI: Ancho de banda requerido por los usuarios.....</i>	<i>76</i>
<i>Tabla IV-XXII: Ubicación y distancia desde la OLT al armario donde está ubicado el Splitter primario.....</i>	<i>85</i>
<i>Tabla IV-XXIII: Capacidad y distancias de los splitter secundarios.....</i>	<i>87</i>
<i>Tabla IV-XXIV: Capacidad y distancias de las ONUs</i>	<i>87</i>

<i>Tabla IV-XXV: Análisis de costos de equipos y accesorios</i>	<i>97</i>
<i>Tabla IV-XXVI: Ingresos Mensuales.....</i>	<i>98</i>
<i>Tabla IV-XXVII: Costo- Beneficio y recuperación de la inversión.....</i>	<i>98</i>
<i>Tabla VI-XXVIII: Operatividad conceptual de las variables.....</i>	<i>109</i>
<i>Tabla VI-XXIX: Operatividad Metodológica de la variable independiente.....</i>	<i>109</i>
<i>Tabla VI-XXX: Operatividad Metodológica de la variable dependiente Fiabilidad del Enlace</i>	<i>110</i>
<i>Tabla VI-XXXI: Indicadores de las variables</i>	<i>111</i>
<i>Tabla VI-XXXII: Evolución de la tecnología GPON.....</i>	<i>112</i>
<i>Tabla VI-XXXIII: Servicios que puede ofrecer la tecnología GPON</i>	<i>113</i>
<i>Tabla VI-XXXIV: Resumen de la variable independiente</i>	<i>114</i>
<i>Tabla VI-XXXV: Atenuación total del enlace..</i>	<i>114</i>
<i>Tabla VI-XXXVI: Valor de la Tasa de error de bit.....</i>	<i>115</i>
<i>Tabla VI-XXXVII: Resumen de la variable dependiente Fiabilidad del enlace</i>	<i>116</i>
<i>Tabla VI-XXXVIII: Variables dependientes.....</i>	<i>118</i>
<i>Tabla VI-XXXIX: Frecuencias observadas.</i>	<i>118</i>
<i>Tabla VI-XL: Frecuencias esperadas.....</i>	<i>119</i>
<i>Tabla VI-XLI: Cálculo de X^2</i>	<i>119</i>

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

1.1 ASPECTOS GENERALES

Título del Proyecto de Tesis

“ESTUDIO Y DISEÑO DE UNA RED DE ACCESO GPON PARA LOS SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES TRIPLE PLAY (VOZ, VIDEO Y DATOS) EN EL SECTOR ORIENTAL DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA”

Proponentes

Nombres

MARIA SOL GOMEZ BOSSANO

ADRIANA PAOLA MOREJON GAIBOR

Escuela

“ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA, TELECOMUNICACIONES Y REDES”

Área

TELECOMUNICACIONES

Director de Tesis

ING. DANIEL HARO

Lugar de Realización

CORPORACIÓN NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES (CNT EP), RIOBAMBA, ECUADOR

1.2 FORMULACIÓN GENERAL DEL PROYECTO DE TESIS

1.2.1 Antecedentes

La Corporación Nacional de Telecomunicaciones Entidad Pública (CNT E.P.) es la empresa estatal de telefonía fija del Ecuador. Es el resultado de la fusión de las sociedades anónimas Andinatel y Pacifictel que se produjo a finales del 2008. Entre los servicios que presta se tiene telefonía fija local, regional e internacional, provisión de servicios de acceso a internet y desde el 2010 presta servicios móviles de telefonía celular a través de la fusión con Alegro PCS. En la actualidad el número de clientes potenciales ha crecido significativamente en la Empresa y los servicios requeridos por estos se encuentran ligados al avance tecnológico, con lo antes indicado la Corporación se proyecta como misión ser líder en Telecomunicaciones ofertando una gama de servicios y/o aplicaciones acorde a las necesidades de sus clientes.

Los principales operadores de telecomunicaciones del mundo tales como: Vodafone, France Telecom y Telefónica entre otras; están definiendo y ejecutando avanzadas redes convergentes de banda ancha basadas en redes IP(Protocolo de Internet), que permiten ofrecer más servicios sobre la misma infraestructura de transporte, a unos precios cada vez más competitivos. Además de reducir la inversión necesaria en equipamiento de red, esta convergencia trae consigo para los operadores una reducción de la complejidad de la gestión y unos costes operativos más bajos.

En la actualidad el poder ofrecer soluciones que van desde voz, datos y video se torna difícil en varios aspectos, como son: las infraestructuras de redes de accesos y medios de transmisión son distintas que parten de redes ATM(Modo de Transferencia Asíncrono), SDH(Jerarquía Digital Sincrónica), MPLS(Combinación Multiprotocolo mediante Etiquetas), y medios como el cobre, fibra óptica, microondas respectivamente, lo que dificulta tanto la gestión, sincronización e instalación de los recursos necesarios para satisfacer la demanda, sumado al coste por prestación de servicios individuales al cliente le resulta difícil acceder a los mismos, de tal manera se genera pérdidas tanto tangibles e intangibles a la Corporación y por ende a la evolución de la sociedad, es por ello que son varias las tecnologías que permiten solucionar dichas falencias en el aspecto de infraestructura y medios de transmisión por citar una de ellas FTTX (Fibra hasta X) que prometen satisfacer la creciente demanda de ancho de banda en los terminales de usuario.

1.2.2 Justificación del Proyecto de Tesis

De acuerdo a lo expuesto, el proyecto surge de la necesidad que tiene CNT E.P de adecuar los servicios de telecomunicaciones tradicionales para que formen parte de una red convergente pasiva que ofrezca mejores beneficios tecnológicos para los usuarios y mayores beneficios económicos para el proveedor.

En la actualidad la empresa provee a sus suscriptores de servicios de datos, internet, telefonía fija y móvil, pero de una manera individualizada, es decir, entregando cada servicio por una red de acceso diferente y por ende con más costo para el usuario final y con mayor dificultad para el mantenimiento y gestión de cada una de las redes que se involucran en el proceso.

Considerando que resulta optimo tanto económica, social y tecnológicamente el estudio y diseño de soluciones de última generación que permitan proponer una alternativa, como es redes ópticas pasivas PON, misma que se apalanca en medios de Transmisión guiados como es FTTX, de tal manera poder ofrecer una gama de servicios y /o aplicaciones como lo es triple play (voz, video y datos) a través de una sola infraestructura de red de acceso, como es IP, obteniendo así beneficios de escalabilidad, flexibilidad, seguridad y reducción de costes.

Nuestro aporte está enfocado en la investigación de cuáles serían los impactos socio-económicos, como también los requerimientos y las características que definan el estudio y diseño de la red de acceso GPON de acuerdo a las necesidades de la población y ubicación estratégica del sitio, ofreciendo a la empresa una proyección tentativa de las limitaciones y datos necesarios, para la implementación futura del proyecto, para lo cual se determino el sector Oriental de la ciudad de Riobamba como muestra de la presente investigación, que además se complementará con la realización de una simulación del diseño.

1.2.3 Objetivos

1.2.3.1 Objetivo General

- Realizar el estudio y diseño de una red de acceso GPON para los servicios de telecomunicaciones triple play (voz, video y datos) en el sector oriental de la ciudad de Riobamba.

1.2.3.2 Objetivos Específicos

- Investigar la tecnología GPON para determinar su arquitectura y funcionamiento al proveer servicios triple play a través de fibra óptica.
- Realizar el estudio de mercado para obtener la demanda existente y proyectada de servicio triple play (TV, Voz, Datos) en el sector oriental de la ciudad de Riobamba, lo cual justifica el presente proyecto.
- Diseñar la red de acceso y distribución GPON en el sector oriental de la ciudad de Riobamba.
- Verificar mediante un software de simulación los parámetros adecuados para el proyecto de diseño.

1.2.4 Hipótesis

El estudio y diseño de la red de acceso GPON para los servicios de telecomunicaciones triple play, a través de fibra óptica en el sector oriental de la ciudad de Riobamba, dotará a la CNT E.P de una documentación para su futura implementación con el consecuente beneficio para los usuarios y la empresa.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTOS TEORICOS

2.1 SERVICIOS TRIPLE PLAY

Uno de los objetivos que persiguen los proveedores de servicios de telecomunicaciones es poder incrementar la gama de servicios que ofrecen actualmente, adaptándose así a la creciente demanda de los abonados, de esta manera se propone un nuevo paquete de servicios denominado *Triple Play*.

2.1.1 Definición

Triple Play es el empaquetamiento de servicios y contenidos audiovisuales (voz, banda ancha y televisión). Este servicio trae ventajas tanto a los usuarios como a los proveedores ya que permite una mejora considerable en la calidad de los servicios, nuevas posibilidades en telefonía, un abaratamiento del acceso a Internet y facilidad para integrar nuevos servicios todo dentro de la misma plataforma.

Triple Play es un servicio que provee voz, datos y video a través de una única conexión de banda ancha de forma que se aprovecha los recursos de la red dando la posibilidad de ofrecer otras aplicaciones multimedia usando un mismo equipo terminal.

2.1.2 SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES QUE COMPONEN EL PAQUETE TRIPLE PLAY

La integración de los servicios que conforman el paquete *Triple Play* es posible gracias a la digitalización de las señales, lo que consiste en representar en forma de secuencia binaria cualquier tipo de señal. Un paquete Triple Play básicamente con los servicios de Voz, Datos y Video.

2.1.2.1 VOZ

El servicio de telefonía fija realiza el transporte de voz en tiempo real entre dos terminales, estando ambos terminales, o al menos el terminal de origen, conectados a una red conmutada de telecomunicaciones en una ubicación fija. Dicha red de telecomunicaciones es la PSTN (Red Telefónica Pública Conmutada).

Aunque pueden concebirse usos privados de la telefonía fija, lo habitual es ligarla con el servicio telefónico fijo disponible al público.

Voz sobre Protocolo de Internet, es un grupo de recursos que hacen posible que la señal de voz viaje a través de Internet empleando un protocolo IP. Esto significa que se envía la señal de voz en forma digital, en paquetes de datos, en lugar de enviarla en forma analógica a través de circuitos utilizables sólo por telefonía convencional como las redes PSTN.

El tráfico de Voz sobre IP puede circular por cualquier red IP, incluyendo aquellas conectadas a Internet, como por ejemplo las redes LAN (Redes de Área Local).

2.1.2.2 ACCESO A INTERNET

Internet, es la red de telecomunicaciones a la cual están conectadas millones de redes en todo el mundo, es considerada como la red de redes. Usa el protocolo de comunicaciones TCP/IP (Protocolo de Control de Transmisión y Protocolo de Internet) que permite establecer conectividad entre cualquier tipo de computadores.

Internet Backbone, es el eje central, formado por un conjunto de líneas de alta velocidad que unen miles y miles de redes, en su inicio cruzaban los Estados Unidos de costa a costa, y que después se han extendido para cubrir el resto del mundo.

Para ofrecer el acceso a internet inicialmente se usaron las líneas telefónicas analógicas para la transmisión de datos, pero una de las principales limitaciones era la capacidad que estas ofrecían, por lo que fue necesario crear técnicas de transmisión con cuales se mejoró la capacidad de las líneas telefónicas (Tecnologías xDSL). Actualmente debido a la creciente demanda se trata de cambiar el medio de transmisión por uno que no presente estas limitaciones, como es la fibra óptica. En nuestro país la mayoría de proveedores ofrecen servicios de banda ancha por medio de líneas de cobre con capacidades de 128Kbps hasta 2Mbps.

2.1.2.3 VIDEO

Televisión por Cable, surge por la necesidad de llevar señales de televisión de diversa índole, hasta el domicilio de los abonados, sin necesidad de que éstos deban disponer de diferentes equipos receptores, reproductores y sobre todo de antenas.

Inicialmente se lo concibió mediante una red de cable coaxial donde se lo transmitía de forma analógica, posteriormente gracias a la digitalización de las señales y a la implementación de redes con fibra óptica se busca mejorar la calidad con el video de alta definición. Se considera que en la práctica se debe asegurar de una capacidad mínima de 6 Mbps para ofrecer televisión por cable de alta definición. Los proveedores de estos servicios ofrecen por lo general paquetes de entre 18 a 250 canales, dependiendo de lo que el usuario elija.

VOD (Video bajo demanda), es un sistema que permite al usuario acceder a contenidos audiovisuales con la misma calidad o superior que el resto de canales de televisión y controlar su modo de reproducción (pausa, rebobinado, avance, etc.), como si se tratase de un DVD doméstico. A diferencia de los canales de televisión, que son difundidos en broadcast/multicast, estos contenidos son emitidos en unicast desde un servidor de vídeo,

teniendo como destinatario el descodificador que cursó la petición (es por lo tanto necesario un canal de retorno).

El VOD es un servicio que está disponible tecnológicamente desde hace años, pero que requiere de un ancho de banda muy elevado. Es factible de ser ofrecido sobre redes DSL(Línea Digital de Suscriptor) con pocos abonados de IPTV(Televisión sobre el protocolo IP), aunque sólo para abonados cercanos a la central del operador. Este canal es totalmente dedicado y personalizado, es decir, los nodos de acceso no pueden aprovechar de técnicas de multicast para minimizar el ancho de banda necesario por la red para satisfacer la petición del abonado.

Este servicio es, de hecho, utilizado en muchos hoteles para ofrecer no sólo vídeo, también música, juegos, etc. Algunos proveedores de IPTV sobre DSL ofrecen actualmente este tipo de servicio. Sin embargo este servicio sería insostenible sobre DSL cuando se incremente la base de usuarios de IPTV, que en la actualidad no es posible en muchas ocasiones por inviabilidad.

2.2 REDES DE ACCESO

Es el segmento de la red de telecomunicaciones que interconecta los equipos de los abonados con los equipos del borde de la red del proveedor de servicios.

El acceso juega un papel de gran importancia desde el punto de vista tecnológico dentro del desarrollo del modelo de redes. El desarrollo de las tecnologías de acceso debe facilitar el despliegue de nuevas redes y servicios.

Los usuarios demandan tecnologías de acceso de banda ancha que les permitan acceder a un conjunto de nuevos servicios y prestaciones que les ofrecen las redes de comunicación.

Entre las principales redes de acceso tenemos:

- xDSL
- Redes Ópticas

2.2.1 Línea Digital de Suscriptor (xDSL, Digital Subscriber Line)

Aquellas tecnologías que utilizan técnicas de modulación y códigos de línea adecuados para permitir que sobre el par trenzado telefónico se transmita datos a altas velocidades, se agrupan bajo las siglas xDSL.

Uno de los aspectos más interesantes de las tecnologías xDSL (Figura II-1), y tal vez por la cual recibieron gran aceptación y permanencia en el mercado, reside en que gran parte de la infraestructura requerida, en este caso el medio físico de transmisión, es decir, los pares telefónicos se encuentran ya instalados. Este antecedente ubica a las compañías telefónicas como las privilegiadas al momento de ofrecer nuevos servicios de banda ancha puesto que ya cuentan con kilómetros de cable tendido. Por último se debe señalar que la familia de estas tecnologías pertenece a la categoría de redes de acceso que adoptan una arquitectura punto a punto lo cual de cierta manera reporta beneficios para el abonado, ya que dispone de manera exclusiva la capacidad total de la transmisión. En la Tabla II-I se describen los principales tipos de tecnologías xDSL.

Tabla II-I: Comparación entre las principales tecnologías de acceso xDSL.

Tecnología	Velocidad Máxima	Distancia Máxima	Aplicaciones
ADSL(Línea Digital de Suscriptor Asimétrica)	Down: 8 Mbps Up: 1 Mbps	5 Km	Acceso a Internet, video bajo demanda, acceso remoto LAN, acceso a bases de datos, multimedia interactiva.
ADSL2(Línea Digital de Suscriptor Asimétrica 2)	Down: 12 Mbps Up: 1 Mbps	5,5 – 6,5 Km	Igual que ADSL pero con mayor ancho de banda y velocidad.
VDSL(Línea Digital de Suscriptor de muy alta velocidad)	Down: 55 Mbps Up: 55 Mbps	1,5 Km	Igual que ADSL más televisión de alta definición en distancias cortas, alcanza hasta 1350m en modo asimétrico.
			A más de VDSL proporciona televisión

VDSL2(Línea Digital de Suscriptor de muy alta velocidad 2)	Down: 100 Mbps Up: 100 Mbps	1,5 Km	de alta definición, video a la carta, videoconferencia, acceso a Internet de alta velocidad y voz IP entre otros servicios.
---	--------------------------------	--------	---

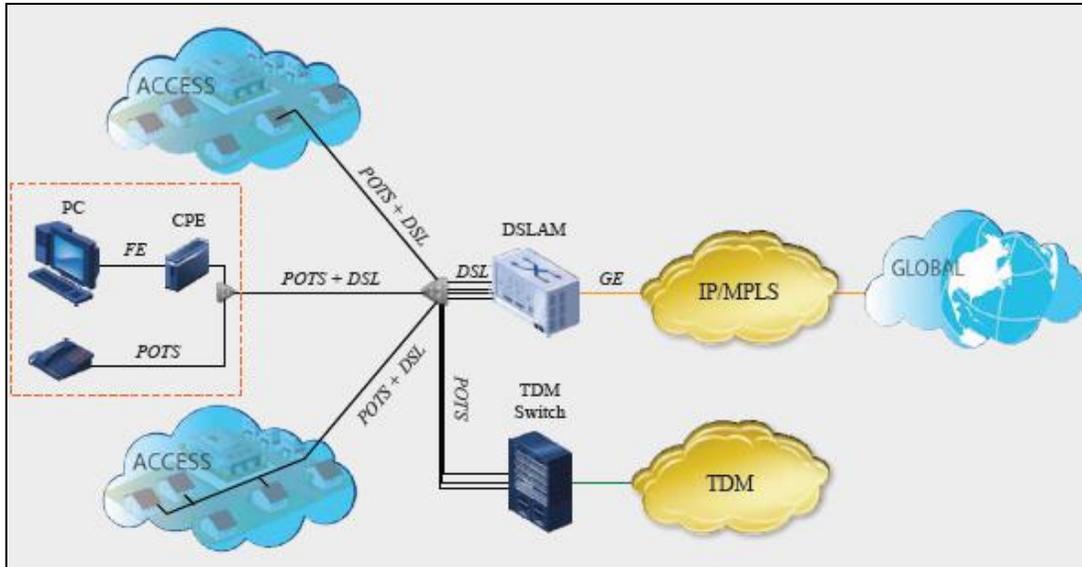


Figura II-1: Topología en el Acceso de una Red xDSL.

2.2.2 Redes Ópticas de Acceso

Para suplir las limitaciones que presenta el par trenzado de cobre y poder prestar de forma masiva servicios que requieren de un gran ancho de banda se decidió introducir la fibra óptica en el nodo de acceso lo que permite disponer de un medio de transmisión con gran capacidad de ancho de banda, dando el soporte para ofrecer servicios Triple Play logrando proporcionar los niveles de calidad adecuados para cada aplicación, además la fibra óptica ofrece varias ventajas como la conexión de puntos distantes sin necesidad de equipos intermedios y presenta inmunidad a las interferencias electromagnéticas haciéndola apta para ser usada en ambientes industriales.

Adicionalmente, desde el punto de vista de costos, las redes ópticas de acceso se destacan por tres aspectos principales.

- Primero, permiten establecer una plataforma común para servicios de naturalezas diversas, servicios que hasta hoy en día han sido provistos usando redes separadas, lo que desde el punto de vista económico no es una buena estrategia.
- Segundo, las áreas de acceso pueden ser mayores y con un número más pequeño de nodos de conmutación.
- Finalmente, los costos de operación se verán reducidos ya que desde una central de operación se podrá responder a solicitudes, realizar el mantenimiento u operación de enlaces lejanos todo mediante el uso de comandos.

2.2.2.1 REDES ÓPTICAS DE ACCESO PASIVAS (XPON)

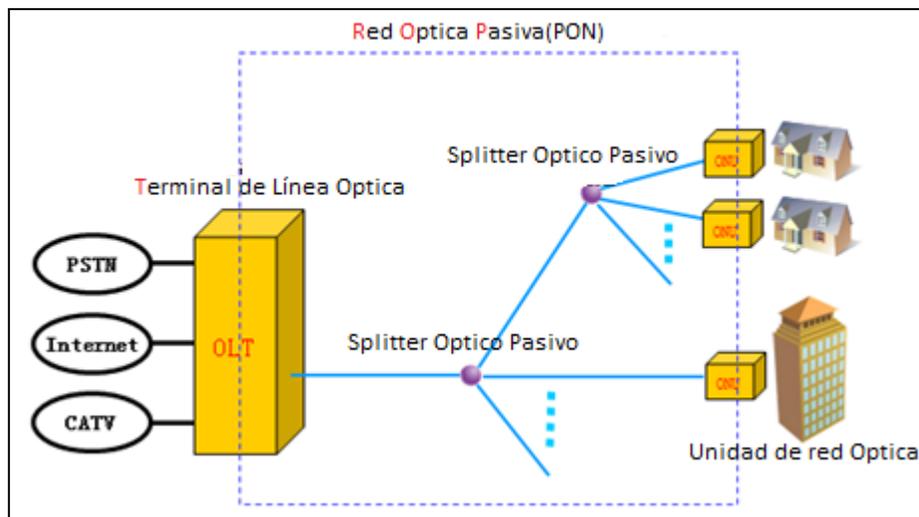


Figura II-2: Red Óptica Pasiva.

Las redes ópticas pasivas presentan una arquitectura similar a las redes de cable en las que existen varios nodos ópticos, unidos con la cabecera a través de fibra óptica, básicamente la fibra óptica se ramifica sucesivamente mediante acopladores o divisores ópticos pasivos, desde la OLT (Terminal de Línea Óptica) hasta llegar a cada ONU (Unidad de Red Óptica), tratándose de una topología física de difusión en la cual todas las ONU's reciben la señal completa. En la Figura II-2 se muestra una referencia de lo que se entiende por una red PON. Las redes ópticas pasivas sustituyen el tramo de coaxial por fibra óptica monomodo y los divisores eléctricos por divisores ópticos. De esta manera, se

eliminan todos los componentes activos existentes entre el servidor y el cliente; de ahí proviene el adjetivo “pasivas” dado a las redes de infraestructura de fibra óptica. Las redes ópticas pasivas proporcionan una transmisión muy segura y libre de errores, con una alta capacidad de transferencia si se emplea, por ejemplo, ATM. Existen algunas variantes de las redes PON como: APON, BPON, GPON y EPON, las cuales se describen a continuación:

2.2.2.1.1 APON (ATM (Modo de Transferencia Asíncrona) PON)

Fue la primera red que definió la FSAN (Especificaciones para el acceso de banda ancha), la red APON típica es la que utiliza accesos VDSL, donde la ONU está a pocos metros del cliente.

APON basa su transmisión en canal descendente en ráfagas de celdas ATM (Modo de transferencia asíncrona) con una tasa máxima de 155 Mbps que se reparte entre el número de ONUs que estén conectadas en canal ascendente. Su inconveniente inicial era la limitación de los 155 Mbps que más adelante se aumentó hasta los 622 Mbps.

En la Figura II-3 se muestra como es la estructura de una red convencional APON.

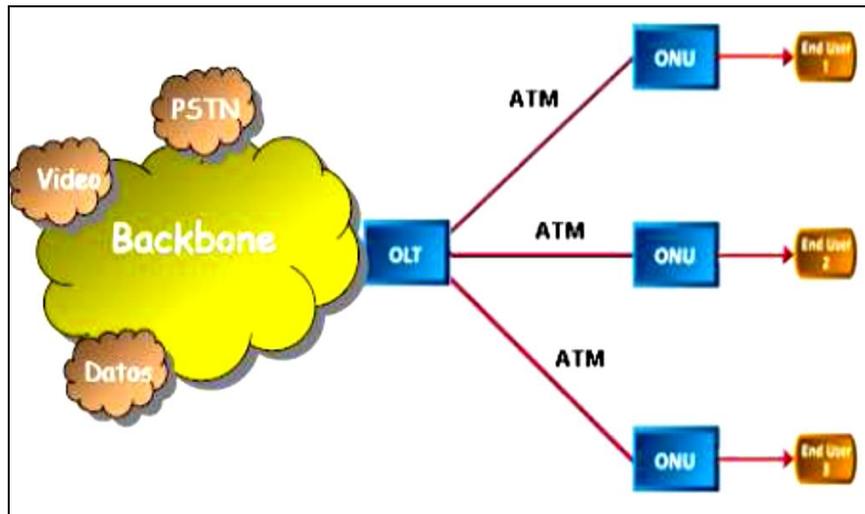


Figura II-3: Red convencional con tecnología APON.

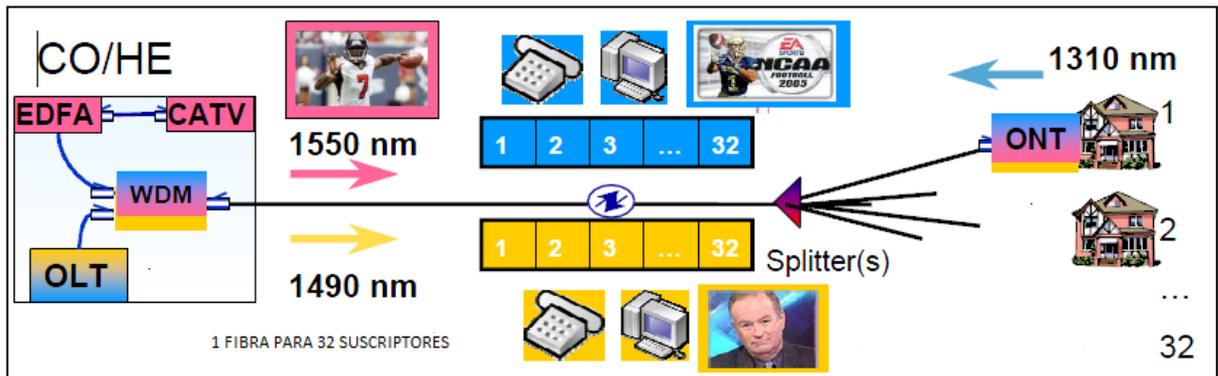
2.2.2.1.2 BPON (Broadband PON - Red Óptica Pasiva de Banda Ancha)

Se basan en las redes APON, se refiere a una red para el soporte de servicios que requieran una anchura de banda superior a la correspondiente a la velocidad binaria básica de la RDSI (Red Digital de Servicios Integrados), que incluiría servicios de vídeo y de distribución, pero con la diferencia que pueden dar soporte a otros estándares de banda ancha, en los que se incluye: Ethernet, distribución de video, VPL (Líneas Privadas Virtuales, Virtual Private Line), etc.

Originalmente estaba definida con una tasa de 155 Mbps fijos tanto en canal ascendente como descendente; pero, más adelante, se modificó para admitir:

- Tráfico asimétrico: Canal descendente 622 Mbps.
Canal ascendente 155 Mbps.
- Tráfico simétrico: Canal descendente y ascendente 622 Mbps.

En la Figura II-4 se muestra la estructura de una red BPON.



Figural-4: Red BPON.

2.2.2.1.3 EPON (Ethernet PON)

Especificación realizada por el grupo de trabajo EFM (*Ethernet in theFirstMile*, Ethernet en la primera milla) constituido por la IEEE para aprovechar las características de la tecnología de fibra óptica y aplicarlas a Ethernet.

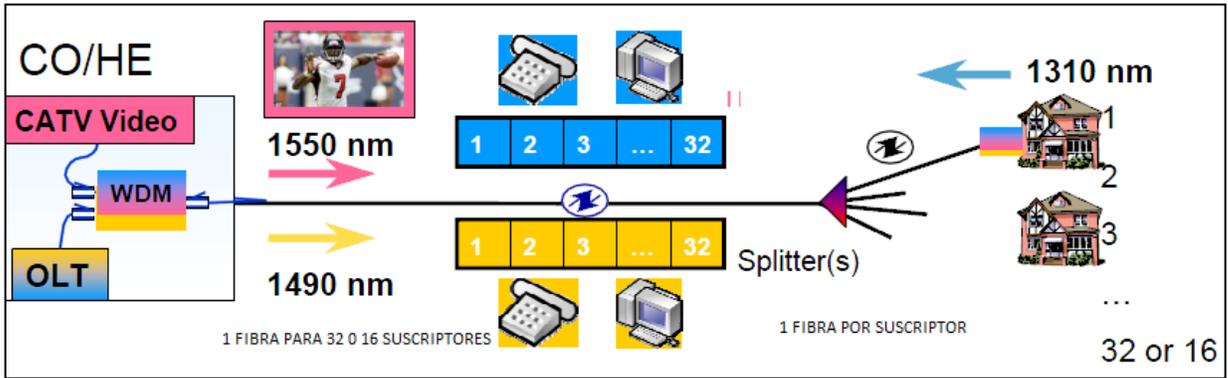


Figura II-5: Funcionamiento EPON.

La arquitectura de una red EPON se basa en el transporte de tráfico Ethernet (Figura II-5) manteniendo las características de la especificación 802.3.

Las ventajas que presenta respecto a los anteriores estándares son:

- Trabaja directamente a velocidades de Gbps (que se tiene que dividir entre el número de usuarios).
- La interconexión de islas EPON es más simple.
- Reducción de costos.

2.3 REDES OPTICAS PASIVAS CON CAPACIDAD DE GIGABIT GPON

Definido como una innovación del conjunto de estándares PON, la Red Óptica Pasiva con capacidad de Gigabit, GPON (Figura II-6), es miembro de esta familia desde el 2004 con la creación de las recomendaciones ITU-T G.984.X.

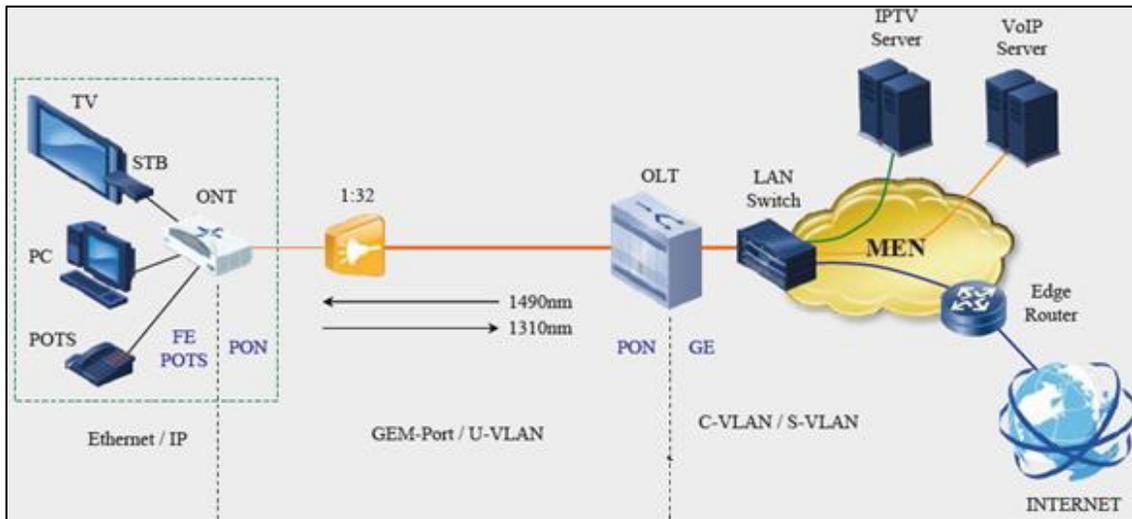


Figura II-6: Estructura de un sistema GPON.

El estándar que se expone, permite manejar amplios márgenes de ancho de banda, para prestar servicios a nivel comercial y residencial, mejorando sus prestaciones en el transporte de servicios IP y con una nueva capa de transporte diferente, el envío de la señal en forma ascendente y descendente con rangos de 1.25Gbps y 2.5Gbps para el primer caso y de 2.5Gbps para el segundo ya sea de forma simétrica o asimétrica llegando bajo ciertas configuraciones a entregar hasta 100Mbps por usuario. Entre las principales diferencias que se presentan sobre sus antecesores, están:

- Soporte completo para voz (TDM Multiplexación por División de Tiempo, SONET y SDH, Ethernet (10/100 Base T), ATM).
- Alcance nominal de 20Km con un presupuesto de 60Km dentro de las recomendaciones establecidas.
- Soporte de varias velocidades, las indicadas para APON/BPON y EPON.
- Alto nivel de funciones de Operación, Administración, Mantenimiento y Suministro OAM&P (Operation, Administration, Maintenance and Provisioning), de principio a fin en el manejo de los servicios.
- Seguridad en el tráfico debido a la operación en modo de radiodifusión para la transmisión en modo descendente heredado del estándar PON.

Con lo anotado, el proveedor se ve poco afectado en lo que respecta a cambios de equipos de los clientes, ya que se pueden seguir ofreciendo los mismos servicios típicos sobre los elementos instalados si fuese el caso, pero con mayor eficiencia.

2.3.1 Tecnologías y Protocolos Utilizados por las Redes GPON.

2.3.1.1 DBA Dynamic Bandwidth Allocation

La Asignación Dinámica de Ancho de Banda (DBA), es una técnica por la cual el ancho de banda de un medio de comunicación compartido puede ser asignado de forma adecuada y dependiendo de la necesidad entre diferentes usuarios. Es una forma de manejo de ancho de banda y es básicamente igual a la multiplexación estática, donde la compartición de un enlace se adapta de alguna forma para la demanda del tráfico instantáneo de los nodos conectados a dicho enlace.

Su funcionalidad rescata algunas de las opciones de redes compartidas cuando varios usuarios pertenecientes a una red no se hallen conectados, aquellos que si lo están se benefician con una mayor capacidad para la transmisión de datos, dando cabida a esa información en los intervalos no utilizados del ancho de banda.

2.3.1.2 ATM, Modo de Transferencia Asíncrona

Es una tecnología de transmisión de datos digital, implementado como un protocolo de red por conmutación de paquetes de tamaño fijo, con la ventaja sobre IP o Ethernet en el aprovechamiento de las cualidades de la conmutación de circuitos y de paquetes para la transmisión en tiempo real de la información, en un modelo de conexión orientada con el establecimiento de un circuito virtual entre los puntos de enlace previo al intercambio de datos.

Se considera a este protocolo, como base de funcionamiento en tecnologías como SONET y SDH en la estructura central (backbone) de la red pública conmutada de telefonía PSTN.

2.3.1.3 GEM Método de Encapsulación GPON

Se trata de la innovación en el protocolo de encriptación definido por la ITU-T G.984.3, el mismo que resulta una evolución del protocolo de entramado genérico GFP, que define las maneras de encapsular la información de longitud variable de diversas señales, para transportarlas por redes SDH (Jerarquía Digital Síncrona).

El método de encapsulación que emplea GPON permite soportar cualquier tipo de servicio (Ethernet, TDM, ATM, etc.) por lo que es un protocolo de transporte síncrono basado en tramas periódicas de 125 ms. Al ser una adaptación de GFP, con modificaciones menores para optimizarla para las tecnologías PON de manera que no solo ofrece mayor ancho de banda, sino también más eficiencia y la posibilidad de permitir a las redes continuar ofreciendo sus servicios tradicionales sin tener que cambiar los equipos instalados en las dependencias de sus clientes.

En el protocolo GEM el tráfico se transporta mediante el protocolo de convergencia de transmisión GPON GTC (Transmisión de Convergencia GPON) de forma transparente. En sentido ascendente, es decir, desde la OLT hacia la ONU se utiliza una partición de cabida útil GEM. La estación OLT atribuye la duración que se necesite en sentido descendente, hasta incluir toda la trama descendente.

La subcapa de entramado de la ONU filtra las tramas entrantes en base al identificador de puertos (Port-ID) entregando las tramas adecuadas al cliente GEM de la ONU adecuada.

El adaptador OMCI del equipo ONU es el responsable del filtrado y encapsulado de células o tramas en sentido descendente y la encapsulación de las unidades de datos de protocolo PDU (Unidad de Protocolo de Datos) en sentido ascendente.

De manera anexa el adaptador OMCI (Gestión y Control de la Interfaz ONT) de la estación realiza el filtrado y desencapsulado de las células y las tramas en sentido ascendente, también es el responsable de encapsular las PDU de 48 bytes procedentes de la lógica de control OMCI en el formato adecuado para su transporte hacia la ONU.

2.3.2 RECOMENDACIONES UIT G.984.X

Debido a la necesidad de brindar al usuario mejores costos, competitividad y diversidad de marcas, se han propuesto un conjunto de recomendaciones que regulan las diferentes características de los equipos desarrollados para el soporte del estándar GPON, a continuación se presentan las cinco recomendaciones aprobadas en la Unión Internacional de Telecomunicaciones UIT en la serie G: (Sistemas y Medios De Transmisión, Sistemas y Redes Digitales):

- **UIT-T G.984.1:** Se trata de la introducción hacia el estándar GPON, presentando características generales de funcionamiento y constitución, con el fin de llegar a la convergencia de equipos, así como mostrar la topología utilizada.
- **UIT-T G.984.2:** Se describe una red flexible de acceso en fibra óptica capaz de soportar los requisitos de banda ancha de los servicios a empresas y usuarios residenciales.
- **UIT-T G.984.3:** Denominada como la especificación de la Capa de Convergencia de Transmisión TC (Convergencia de Transmisión), expone los formatos de trama, el método de control de acceso, el método ranging, la funcionalidad OAM y la seguridad en redes GPON.
- **UIT-T G.984.4:** Especificación de la interfaz de control y gestión OMCI de la terminación de red óptica ONT, donde el análisis se enfoca en los recursos y servicios procesados de una base de información de gestión o manejo MBI independiente del protocolo de comunicación entre OLT y ONT.
- **UIT-T G.984.5:** Recomendación que sugiere el rango de bandas y longitudes de onda que se reservan para en un futuro, implementar señales de nuevos servicios, usa la técnica de multiplexación de información (WDM), para aprovechar de mejor manera en el caso de nuevas redes ópticas pasivas, en virtud del manejo recomendable de las ODN.

2.3.3 ARQUITECTURA DE RED GPON

Partiendo desde la oficina central se conecta por medio de una fibra Monomodo hacia un Splitter cercano a los usuarios finales. Es en este punto es donde se realiza la división de la fibra en N rutas a los suscriptores. (Figura II-7)

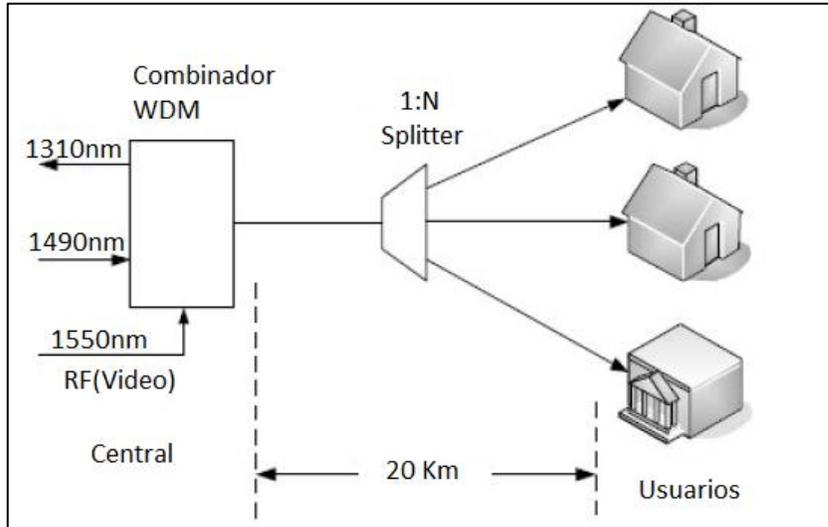


Figura II-7: Arquitectura de red GPON.

Las longitudes de onda están relacionadas con el Upstream y el Downstream 1310nm y 1490nm respectivamente, para video RF 1550nm. El número de rutas o caminos puede variar desde 2 hasta 64 desde el Splitter de modo único hasta cada usuario (Edificio, empresa, Hogar, Nodo, etc.), donde la transmisión de Fibra desde la oficina central hasta cada usuario puede ser de hasta 20 Km.

GPON define un estándar de tasas de transmisión de Upstream y Downstream dependiendo de la dirección del tráfico las que se pueden apreciar en la Tabla II-II:

Tabla II-II: Tasas de transmisión GPON.

Dirección de Transmisión	Rata Bits
Upstream	155.52 Mbit/s
	622.08 Mbit/s
	1244.16 Mbit/s
	2488.32 Mbit/s
Dowstream	1244.16 Mbit/s
	2488.32 Mbit/s

El funcionamiento de la red GPON Downstream (Figura II-8) consiste en que la OLT envía el tráfico utilizando Broadcast donde cada ONT verifica la dirección en el encabezado de las tramas, debido a que las ONTs reciben todo el tráfico, es necesario hacer la utilización de encriptación. La OLT determina y le notifica a las ONTs los Time Slots para el envío de los datos.

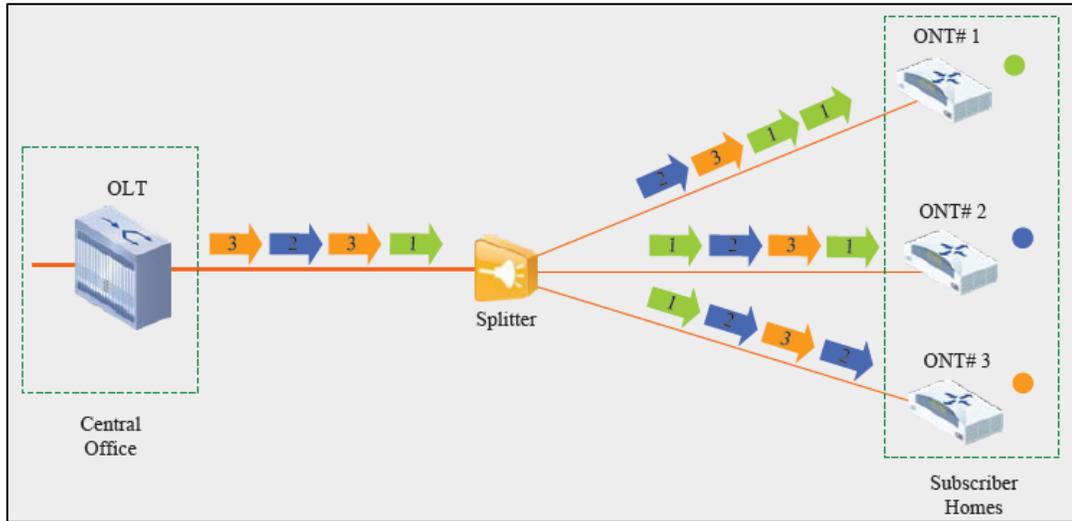


Figura II-8: Principio GPON Transmisión Downstream Tipo Broadcast.

2.3.3.1 TRAMA DOWNSTREAM

El tráfico Downstream es de manera Broadcast desde la OLT hasta todas las ONU's de forma TDM, cada ONU solo debe tener en cuenta las tramas de su destino las cuales se garantiza un cifrado.

La trama Downstream consiste de un bloque de control físico PCBd (Bloque de Control Físico) y la partición GEM. La trama Downstream provee una referencia común de tiempo para el PON y provee un control de señalización común para el Upstream.

La duración de la trama GPON (Figura II-9) es de 125µs para ambas tasas de datos Downstream. La Longitud del PCBd es la misma para ambos y depende de la velocidad y del número de estructuras de asignación por trama. Si no hay datos para el envío, la trama todavía es transmitida y utilizada por el tiempo desincronización.

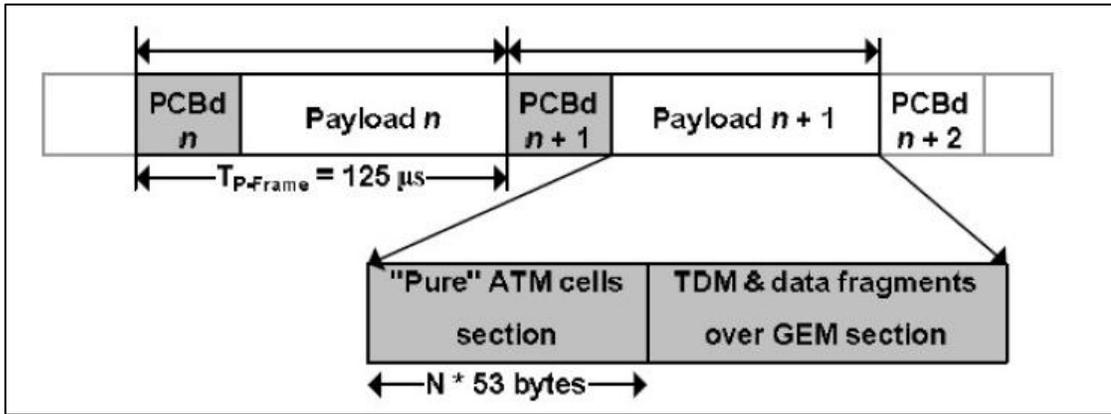


Figura II-9: Formato de la Trama Downstream.

2.3.3.2 TRAMA UPSTREAM

El funcionamiento de la Red GPON Upstream (Figura II-10) la ONT toma el tráfico del puerto de usuario y lo mapea en tramas GEM. La forma de realizar la transmisión de los datos es utilizando TDMA por medio de Time Slots asignados por la OLT. Por las condiciones de la red en donde la distancia entre las ONT y la OLT no es igual en todas las topologías es necesario evitar las colisiones sincronizando los tiempos de transmisión de las ONT de manera que el máximo tiempo de envío es de 5ms.

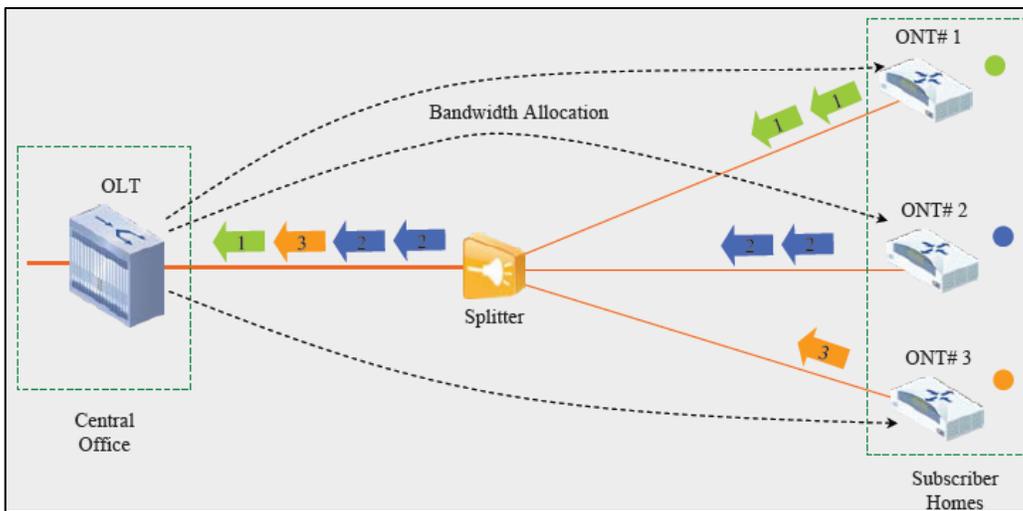


Figura II-10: Principio GPON Transmisión Upstream Sincronizado por la OLT.

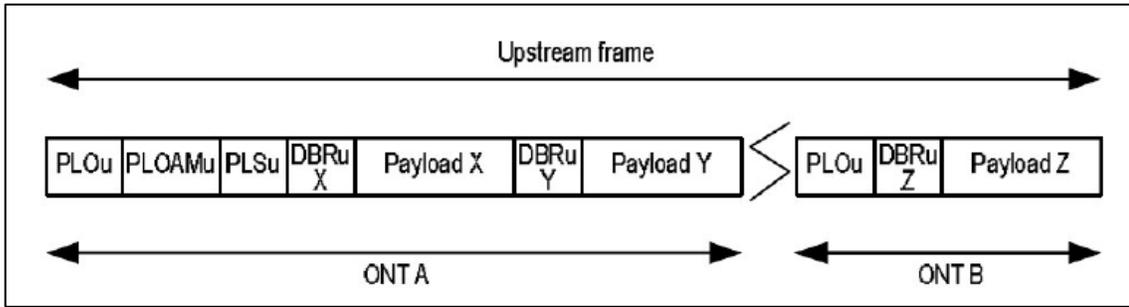


Figura II-11: Formato de la Trama Upstream.

El tráfico Upstream utiliza TDMA, bajo el control sobre la OLT situado en la Oficina Central, el cual asigna un time Slot para cada ONU y sincroniza la transmisión de las ráfagas de datos.

La trama Upstream consiste de múltiples ráfagas de transmisiones. Cada ráfaga Upstream contiene como mínimo el PLOu (Capa Física Superior). Además de la carga útil, contiene también el PLOAMu (Capa Física de Operación, Administración Upstream) PLSu (Secuencia de Energía de Nivelación Upstream) y DBRu (Reporte de Ancho de Banda Upstream).

La longitud de la trama (Figura II-11) es la misma, como en Downstream, para todas las tasas de transmisión. Cada trama contiene un número de transmisiones desde uno o más ONUs. Durante cada asignación de período de acuerdo con el control de la OLT, la ONU puede enviar desde 1 hasta 4 overhead PON y datos de usuario.

2.3.4 MULTIPLEXACION DE LOS SERVICIOS

Para que no se produzcan interferencias entre los contenidos en canal descendente y ascendente se utilizan dos longitudes de onda diferentes superpuestas utilizando la técnica WDM (Multiplexación por División de Longitud de Onda). Al utilizar estas longitudes diferentes es necesario, el uso de filtros ópticos para separarlas.

Las redes ópticas pasivas deben estar ajustadas en función de la distancia entre un usuario y la central, el número de splitters y su atenuación; de tal manera, que el nivel luminoso que reciba cada ONU esté dentro de los márgenes, o bien se ajusta el nivel del láser o la atenuación de los splitters.

2.3.4.1 Canal descendente

En canal descendente, una red GPON va desde el OLT hacia el ONU de usuario, en forma de red punto-multipunto donde la OLT envía una serie de contenidos que pasan por los divisores y llegan a las unidades ONU, cuyo objetivo es el de filtrar los contenidos y enviar al usuario sólo aquellos que vayan dirigidos a él. Se utiliza una multiplexación en el tiempo (TDM) para enviar la información en diferentes instantes de tiempo.

2.3.4.2 Canal ascendente

En canal ascendente una GPON es una red punto a punto donde las diferentes ONUs transmiten contenidos a la OLT. Por este motivo también es necesario el uso de TDMA para que cada ONU envíe la información en diferentes instantes de tiempo, controlados por la unidad OLT. Al mismo tiempo, todas las ONU se sincronizan a través de un proceso conocido como “Ranging” que consiste en medir el tiempo de propagación (round tripDelay) para cada ONT en particular.

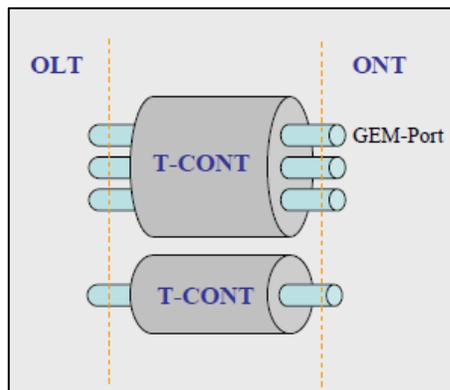


Figura II-12: Esquema de T-CONT para transporte de Datos GPON.

El Transmission Container T-CONT(Figura II-12), se utiliza específicamente para la transmisión de datos en forma Upstream. T-CONT permite realizar la asignación de manera dinámica del ancho de banda asignándose a la ONT y se identifican por el IDAlloc.

La unidad de transporte de los servicios GEM-Port contiene los flujos desde los puertos lógicos y físicos identificados por el Port-ID.

Los datos de usuario se encapsulan como se muestra en la Figura II-13 hasta la capa dos de la misma forma como se realiza en las redes PON comunes, primero las tramas TDM e Ethernet son adjuntados a la trama GEM con el método de encapsulamiento GTC, el cual tiene la forma de las tramas genéricas de la recomendación ITU G7401.

Las tramas ATM y las GEM se encapsulan directamente en las tramas GTC que finalmente son las transportadas por la Red PON.

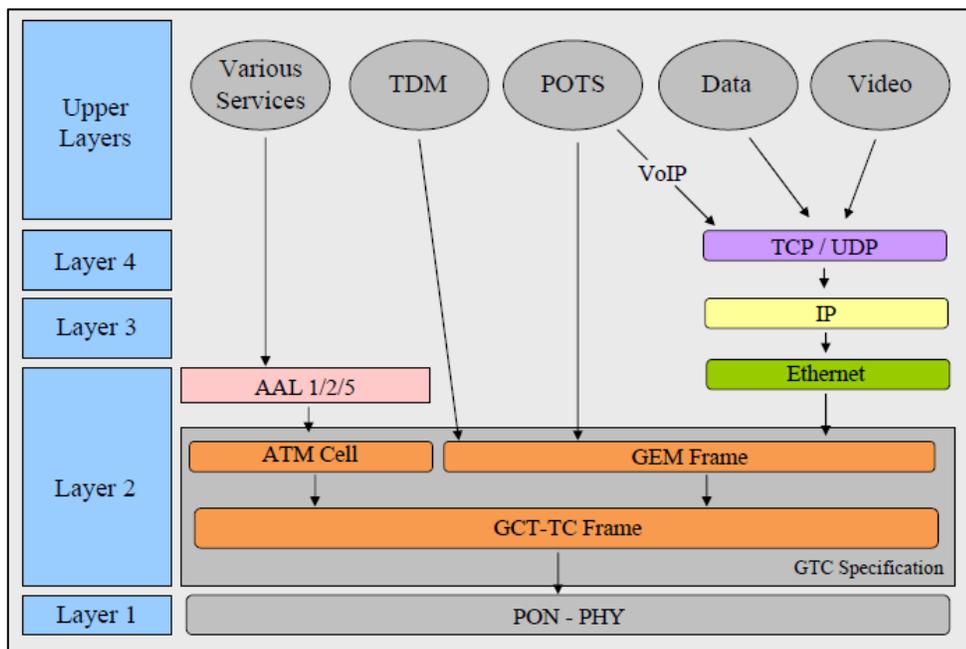


Figura II-13: Encapsulamiento GPON.

El propósito de la trama GEM es brindar un servicio orientado a tramas, como una alternativa de a ATM, con el fin de acomodar eficientemente tramas Ethernet y TDM.

Según los servicios que esté atendiendo la ONT se puede configurar para atender al menos un tipo de tramas ATM o GEM.

2.3.5 ELEMENTOS DE UNA RED GPON

Una red de acceso óptica pasiva GPON está formada básicamente por:

- Un módulo OLT que se encuentra en el nodo central.
- Una red óptica de distribución ODN compuesta por: cables de fibra óptica, cajas de empalmes, divisores ópticos o Splitters, entre otros elementos de la planta externa.
- Varias ONTs y/o ONUs que están ubicadas hacia el lado del usuario según corresponda.

2.3.5.1 Equipo Terminal de Línea Óptica (*OLT, Optical Line Terminal*)

OLT es un elemento activo del cual parten las redes de fibra óptica hacia los usuarios, los OLT tienen una capacidad para dar servicio a miles de consumidores conectados al servicio que se desea prestar. Además de lo citado anteriormente agrega el tráfico proveniente de los clientes y lo encamina hacia la red de agregación, quizá una de las funciones más importantes que desempeña el OLT es de hacer las veces de enrutador para ofrecer todos los servicios demandados por el usuario.

Este elemento de la red GPON está ubicado en las dependencias del operador, y consta de varios puertos de línea GPON, cada uno soportando hasta 64 ONT. Aunque depende del suministrador, existen sistemas que pueden alojar hasta 7.168 ONT's en el mismo espacio que un DSLAM (Multiplexor de línea de acceso digital del abonado).

Ubicación de OLT Figura II-14.

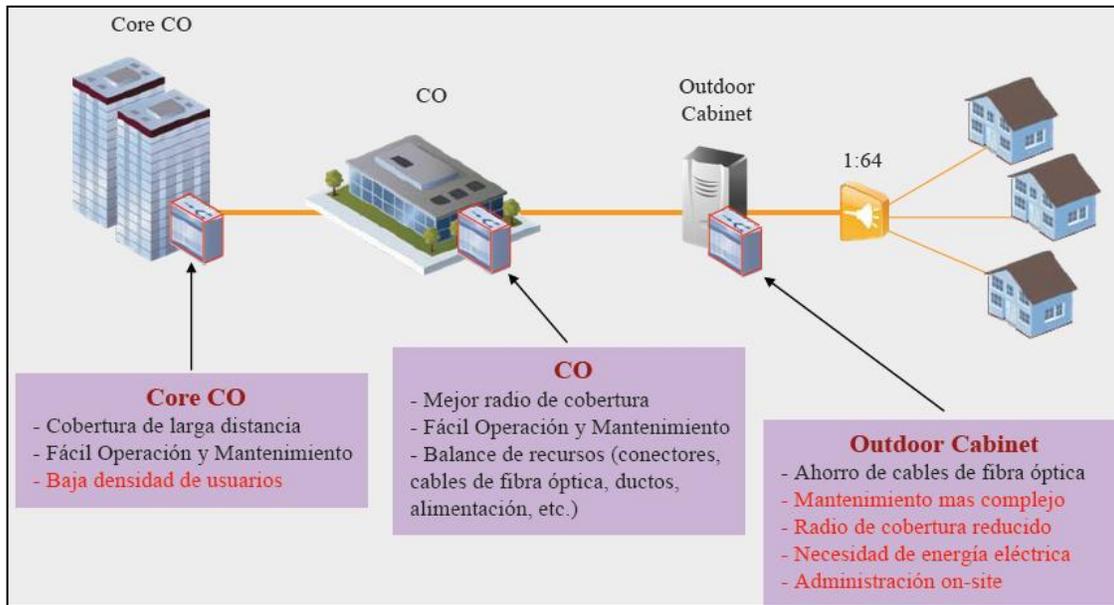


Figura II-14: Donde y porque ubicar la OLT.

2.3.5.2 Red óptica de distribución (ODN, Optical Distribution Network)

La ODN comprende los cables de fibras ópticas, conectores ópticos, divisores pasivos, atenuadores ópticos pasivos y empalmes.

Esta red es la encargada de conectar una OLT con una o más ONU's/OLT's mediante un dispositivo óptico pasivo, usando cajas de empalme, gabinetes, etcétera. La Figura II-15 describe lo anteriormente descrito.

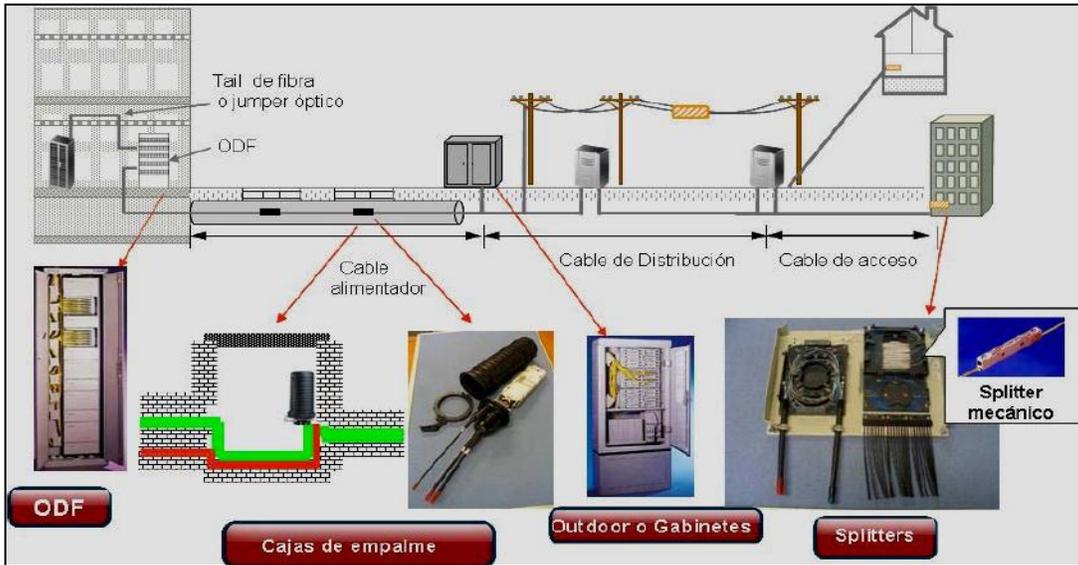


Figura II-15: Diagrama de la Red Óptica de Distribución.

La transmisión en la ODN es bidireccional pudiéndose emplear la misma fibra para el tráfico ascendente y descendente o una fibra por separado para cada uno de ellos. En el primer caso deben emplearse banda de longitudes de onda diferentes, utilizándose la banda de 1530- 1570 nm para el tráfico descendente y la banda de 1280-1340nm para el ascendente.

Un elemento principal de esta red es el **Splitter** el cual puede tener razón de Split que van desde 1:2 hasta 2:32 introduciendo un grado de atenuación que oscila desde los 3,2 dB hasta los 17,6 dB cómo se ilustra en la Figura II-16 y Tabla II-III respectivamente y su ubicación en la red será explicado más adelante, en el capítulo correspondiente al criterio de diseño de una red GPON.

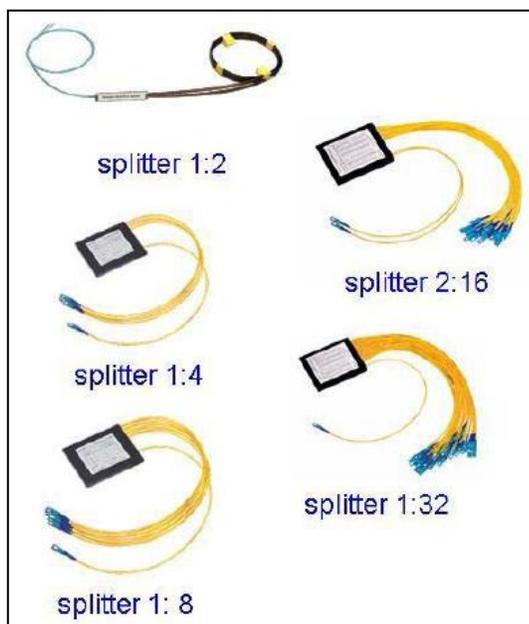


Figura II-16: Razón de splitters.

Tabla II-III: Rango de longitudes de onda de operación de splitters.

Rango de longitudes de operación					
1260nm – 1360nm y 1480nm – 1580nm					
Razón de split	Pérdidas de Inserción (dB)	Uniformidad(dB)	PDL	Pérdidas de Retorno	Directividad
1:2	3,2	<0,5	<0,2dB	<55dB	<55dB
1:4	7,2	<0,8			
1:8	10,5	<1			
1:16	13,5	<1			
1:32	16,5	<1,3			
1:64	19,3	<1,4			
2:4	7,6	<1,5			
2:8	11,0	<1,6			
2:16	14,6	<2,4			
2:32	17,6	<3			

Ubicación splitters Figura II-17.

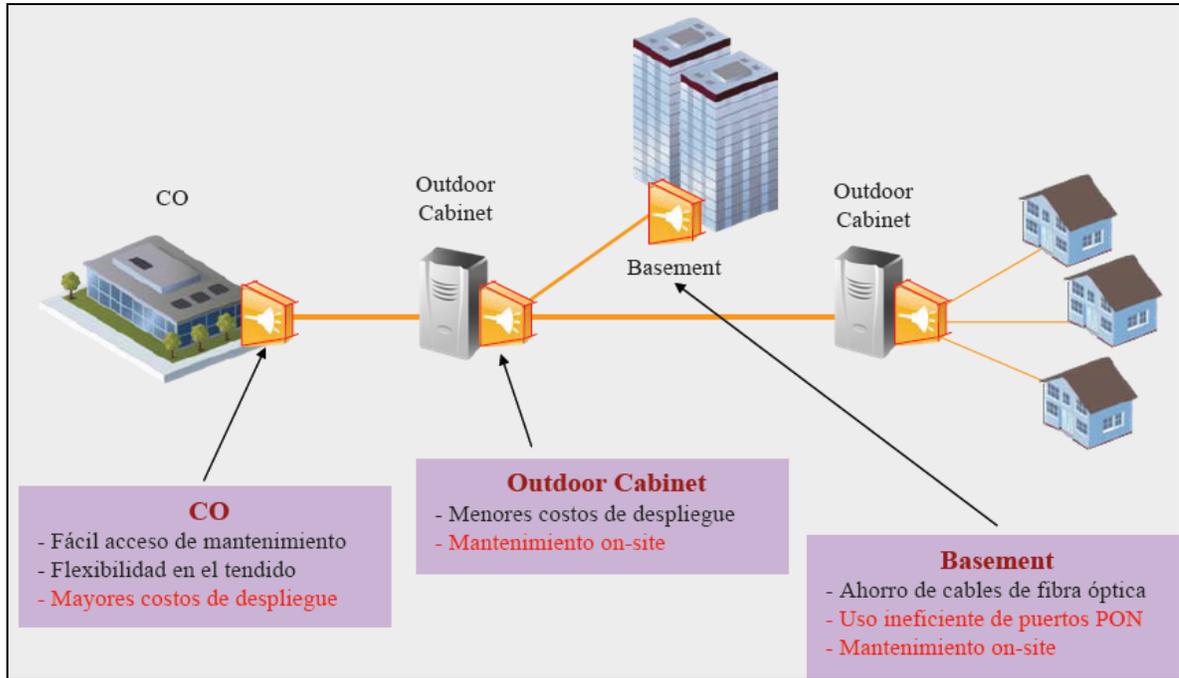


Figura II-17: Ubicación de splitters.

2.3.5.3 Equipo Terminal de Red Óptica (ONT, Optical Network Terminal)

El ONT es el elemento que se sitúa en la casa del usuario donde termina la fibra óptica y ofrece las interfaces del usuario. Las ONT deben estar fabricadas de manera tal que soporten las peores condiciones ambientales y generalmente vienen equipadas con baterías.

Existe una gran variedad de ONTs que están en función de los servicios que se quiera brindar al usuario entre otros se puede citar:

Interfaces de Fast-Ethernet que alcancen velocidades hasta 100Mbps, generalmente para consumidores residenciales, ofreciendo servicios de TV e Internet.

Interfaces de Gigabit-Ethernet que alcanzan velocidades hasta de 1Gbps usadas para servicios empresariales.

Interfaces E1 o STM-1 específicos para brindar servicios corporativos.

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

En las arquitecturas FTTN (Fibra hasta el Nodo) las ONT son sustituidas por ONU, que ofrecen habitualmente VDSL2 hasta las casas de los abonados, reutilizando así el par de cobre instalado pero, a su vez, consiguiendo las mínimas distancias necesarias para alcanzar velocidades simétricas de hasta 100 Mbps por abonado. Los elementos que conforman la ONT son similares a los bloques constructivos de la OLT, ya que la ONT funciona con una única interfaz PON, se omite la función de conexión cruzada, para el manejo del tráfico se añade la función MUX y DMUX.

2.3.5.4 Equipo Unidad de Red Óptica (ONU, Optical Network Unit)

Es un importante elemento que a diferencia de las ONT's ofrecen servicio a múltiples usuarios. Existen varios tipos de ONU's entre la que se destaca:

ONU XDSL: Termina la fibra óptica que llega de la central telefónica, utiliza tecnología XDSL para ofrecer servicios a los usuarios. Físicamente van ubicados dentro de un armario que se ubica en una zona común con fácil acceso a los pares de cobre que llegan a los terminales.

La ventaja fundamental que presentan estos frente a los ONT's es que permiten aprovechar las redes de cobre existentes. Las desventajas que tienen son las mismas que presentan la tecnología XDSL (X Línea Digital de Suscriptor).

xDSL define una serie de tecnologías que permiten el acceso a internet de banda ancha mediante es uso de una línea de cobre, y a la vez, para el uso simultaneo de la línea telefónica.

Cada uno de los acrónimos de esta tecnología define ciertas características en cuanto a la velocidad de transmisión de datos y la distancia de la central ya que el cable de cobre no

está diseñado para transmisiones de alta velocidad, es decir, a cuanto más distancia, peores son las prestaciones del sistema.

2.4 ARQUITECTURAS DE RED FTTx (*Fiber To The x*).

En las arquitecturas FTTx se agrupan una serie de técnicas de acceso basadas en el empleo de la fibra óptica hasta la proximidad del usuario. Los integrantes de esta familia se basan fundamentalmente en el grado de proximidad alcanzado.

2.4.1 Topología

La sección óptica de un sistema de red de acceso local puede ser activa o pasiva y su arquitectura puede ser punto a punto o punto a multipunto como se mencionó anteriormente. La Figura II-18 muestra las topologías disponibles.

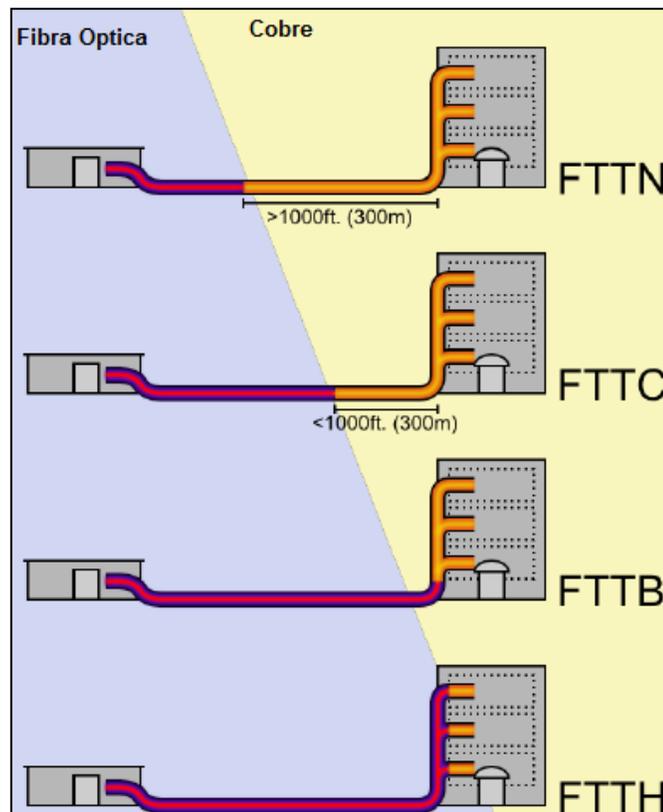


Figura II-18: Topologías de red FTTx

2.4.2 Medio de Transmisión - Fibra Óptica

2.4.2.1 Composición

En cuanto a la composición del cable de fibra, hay tres posibilidades:

- Núcleo de plástico y cubierta plástica
- Núcleo de vidrio con cubierta de plástico
- Núcleo de vidrio y cubierta de vidrio

2.4.2.2 Tendido del Cable de Fibra Óptica

Se tienen dos opciones principales:

- Canales subterráneos: a través de ductos los cuales deben ser construidos a lo largo de todo el trayecto que recorrerá la fibra.
- Tendido aéreo: a través de postes.

El tendido subterráneo de la fibra implica una serie de complicaciones como la construcción de los ductos en todo o gran parte del recorrido de la fibra, además de los requisitos previos para la construcción como pueden ser permisos de acceso, construcción y los costos adicionales que surgen de esta actividad sin olvidar los inconvenientes de tipo geográfico que pueden aumentar la complejidad en la construcción de las rutas de ductería (ríos, quebradas, etc.).

Al utilizar estructuras que permitan el tendido aéreo de la fibra, se tiene la ventaja de la existencia de postes a lo largo del recorrido del cable.

Existen básicamente tres tipos de cables de fibra óptica aptos para el tendido aéreo:

- OPGW (*Optical Power Ground Wire - Cable compuesto tierra-óptico*)
- ADSS (All-Dielectric Self-Supported)
- FIGURA EN 8

2.4.2.2.1 COMPARACIÓN ENTRE LOS DIFERENTES TIPOS DE CABLES PARA TENDIDO AÉREO

Para determinar el tipo de cable aéreo más óptimo, se hace una comparación entre las distintas posibilidades que se describieron en el ítem anterior, la Tabla II-4 muestra las características observadas para la selección:

Tabla II-IV: Comparación entre los cables aptos para tendido aéreo.

Característica	ADSS	OPGW	Figura en 8
Confiabilidad	Alta	Alta	Alta
Instalación en sistema nuevo	Simple	Simple	Simple
Instalación sobre sistema existente	Simple	Complejo	Simple
Mantenimiento	Fácil	Difícil	Fácil
Costo del cable	Bajo	Alto	Medio
Costo de Instalación	Bajo	Alto	Bajo
Costo total del sistema	Bajo	Alto	Medio
Acceso a fibras ópticas	Fácil	Difícil	Fácil

2.4.2.3 Fibra Monomodo

De acuerdo con la Unión Internacional de Telecomunicaciones en el sector de normalización, así existen fibras de acuerdo con la norma G.652 (Estándar), G.653 (Dispersión Desplazada), G.654 (Mínima Atenuación), G.655 (Dispersión Desplazada no nula) y G.657 (Insensible a curvaturas), dos de ellas son adecuadas para tendidos aéreos:

Fibra óptica normalizada, que es factible de usarse en 1300nm y 1550nm, esta fibra está optimizada para el cero de dispersión en 1300nm. Es el cable más popular en redes de telecomunicaciones, adecuada en aplicaciones de redes metropolitanas, de acceso, cableados estructurados y CATV.

SUBCATEGORÍAS DE LA RECOMENDACIÓN G.652

- **G.652.A:** Contiene los atributos y valores recomendados necesarios para soportar sistemas de hasta STM-16, así como 10 Gbps hasta 40 km (Ethernet) y STM-256.

- **G.652.B:** Contiene los atributos y valores recomendados que son necesarios para soportar aplicaciones de mayor velocidad binaria, hasta STM-64, y STM-256.
- **G.652.C:** Semejante a G.652.A, pero permite transmisiones en partes de una gama de longitudes de onda ampliada desde 1360 nm a 1530 nm.
- **G.652.D:** Semejante G.652.B, pero permite transmisiones en partes de una gama de longitudes de onda ampliada desde 1360 nm a 1530 nm.

Las fibras que cumplen con la norma G.655 presentan mejores condiciones de trabajo en redes que demandan gran ancho de banda y grandes distancias lo que se deriva en un mayor costo de despliegue de la fibra, en comparación con las fibras que cumplen la norma G.652.(Anexo A)

La recomendación G.652 describe 4 subcategorías, de ellas la más utilizada es la G.652D, conocida también como ZWP (*Zero Water Peak*) o pico de aguacero, ya debido a procesos de fabricación que eliminan toda posible fuente de agua, los picos de atenuación a causa de los iones hidroxilo se eliminan casi en su totalidad.

Las recomendaciones G.653 y G.654, a pesar de que permiten gran ancho de banda en redes de larga distancia no trabajan eficientemente en todas las ventanas, así la G.653 tiene el cero de dispersión cromática en 1540nm y G.654 en la ventana de 1550nm, es de aplicación limitada por su reducida performance en cuanto a la dispersión cromática y no es aplicable para sistemas STM-16 a 2,5 Gbps, adicionalmente ninguna de las dos soporta DWDM, que es una técnica de transmisión de señales a través de fibra óptica usando la banda C (1550 nm).

2.4.3 Clasificación Arquitectura FTTX

A continuación se presenta una descripción detallada de cada una de estas tecnologías poniendo énfasis en sus ventajas.

2.4.3.1 Fibra hasta el Hogar, FTTH (*Fiber To The Home*)

Se trata de llegar con fibra hasta el hogar del abonado(Figura II-19), directamente desde la OLT (la ONT se encuentra situada en el hogar del abonado). Es la alternativa más directa puesto que no emplea segmentos de cable conductor, pero de mayor costo para

proporcionar acceso de banda ancha (aproximadamente 25 Mbps). Requiere transmisión completamente óptica de forma descendente y ascendente: cada usuario necesita en su hogar una ONT con transmisor/receptor óptico (motivo de su alto costo).

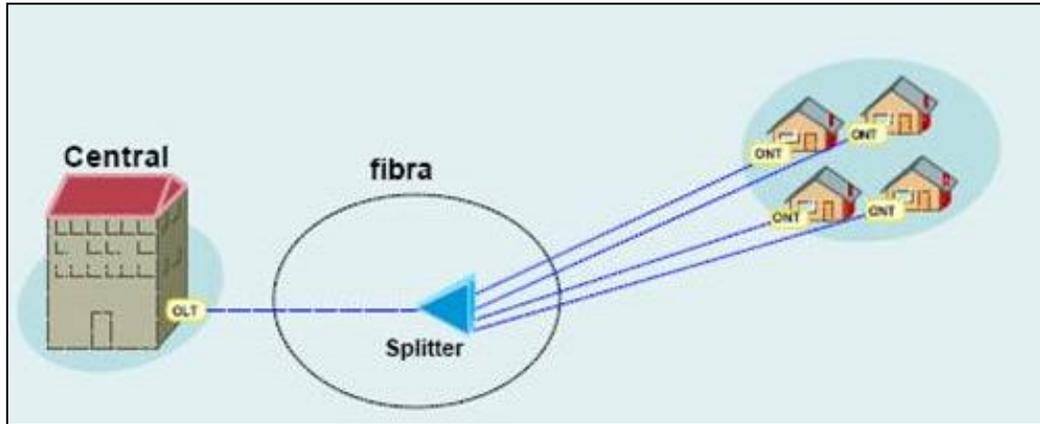


Figura II-19: Funcionamiento de FTTH.

El punto de entrada de la fibra óptica al hogar se realiza mediante la ONT ya que este equipo es el encargado de adaptar las señales ópticas y comunicarse con la central extrayendo la información destinada al usuario que se conecta a él y separándola del resto de la trama que circula por la fibra. Para la instalación fuera del hogar se puede usar varios métodos como el de tendido aéreo de fibra, el tendido subterráneo ya sea con ductos de protección de la fibra o sin ellos.

2.4.3.2 Fibra hasta el edificio FTTB (Fiber To The Building)

Se trata de llegar con fibra hasta el interior de un edificio residencial o de negocios. Existe una única ONU para todo el edificio, de forma que la parte de cobre restante debe ser menor a 500m. El número de usuarios que comparten la ONU oscila entre 16 y 32.

El objetivo principal de este escenario sería acortar aún más el tramo de par de cobre utilizado para soportar el servicio VDSL (Figura II-20), pero reutilizando el cableado interior de cobre de los edificios. Debe tenerse en cuenta, sin embargo, que dicha longitud puede variar en función de la naturaleza del inmueble. Así, por ejemplo, en una propiedad

con edificios unifamiliares o con varios edificios que compartan la infraestructura de la acometida pueden existir casos en que ésta sea realmente de longitud considerable. Por otro lado, en el caso de inmuebles únicos, dicha longitud estaría posiblemente entre 50–100 m. A estas longitudes las velocidades que se pueden alcanzar son altas, pudiendo llegar a un máximo de 100 Mbps, lo que hace esta variante especialmente atractiva para edificios corporativos, es decir, aplicaciones para clientes empresariales. Este escenario se divide a su vez en dos escenarios, uno para las unidades multivivienda (*MDU, Multi-Dwelling Unit*), y el otro para las empresas.

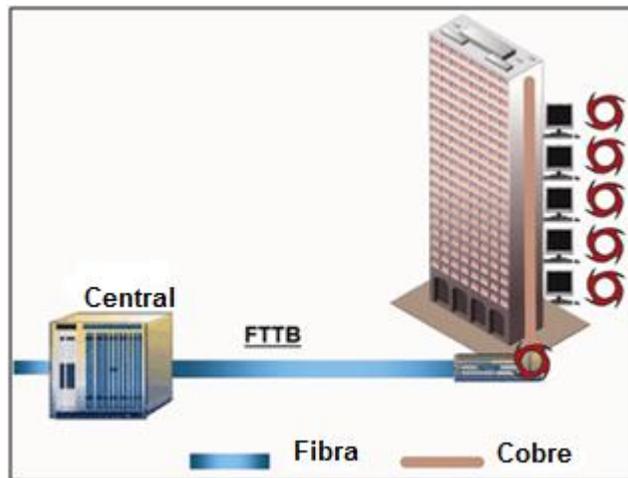


Figura II-20: Funcionamiento de FTTB.

2.4.3.3 Fibra hasta la Manzana, FTTC (*Fiber To The Curb*)

Se trata de compartir la ONU y el tendido final de fibra por parte de varios abonados (ubicados en una manzana o área residencial de pequeña extensión), la fibra es terminada en una pequeña caja en la acera, donde la señal óptica es convertida en señal eléctrica y llega al hogar a través de pares de cobre (Figura II-21). La parte de cobre por abonado es menor a 500m y el número de usuarios que comparten la ONU oscila entre 16 y 64. Las capacidades típicas son de 25-52 Mbps (descendente residencial), 2,6 Mbps (ascendente residencial), 12 Mbps (ascendente/descendente negocios).

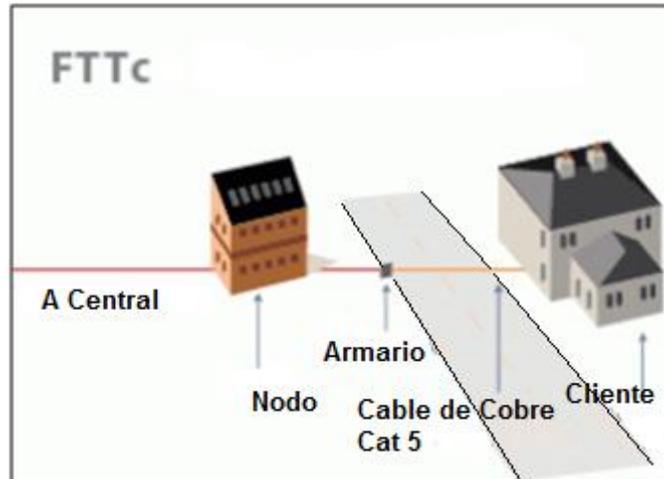


Figura II-21: Funcionamiento de FTTC.

2.4.3.4 Fibra hasta el Nodo, FTTN (Fiber To The Node)

Desde la central hasta el Nodo se tiende fibra (Figura II-22), y desde ahí hasta el domicilio del usuario continuaran los pares de cobre.

Suele estar más lejos de los abonados que en FTTH y FTTB, típicamente en las inmediaciones del barrio, y al igual que FTTC no debe sobrepasar los 500 m en la parte del cobre. El número de usuarios que comparten la ONU oscila entre 16 y 64. Las capacidades típicas son de 25-52 Mbps (descendente residencial), 2,6 Mbps (ascendente residencial), 12 Mbps (ascendente/descendente negocios).

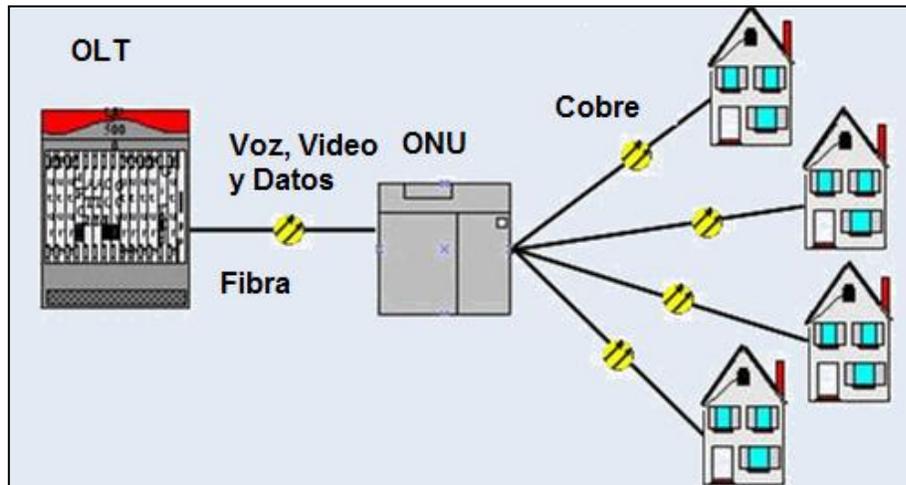


Figura II-22: Funcionamiento de FTTN.

CAPÍTULO III

ANÁLISIS DEL MERCADO

3.1 INTRODUCCIÓN

Como parte inicial se realizará una breve descripción de las empresas que ofrecen servicios de voz, datos y televisión por cable en la ciudad de Riobamba, detallando sus principales características.

Adicionalmente se establece la demanda de los servicios *Triple Play*, para el sector elegido, como base para el diseño de la red de acceso que se desarrollará en el siguiente capítulo. Se realizó un muestreo para certificar que existe la necesidad de estos servicios tomando como base el número de abonados que cuentan con servicio telefónico en el sector.

Finalmente se presenta una proyección para los siguientes 5 años, periodo establecido como un tiempo óptimo para el funcionamiento de los equipos y posible introducción de nuevas tecnologías.

3.2 PRECIOS DE ALGUNAS DE LAS EMPRESAS QUE OFRECEN SERVICIOS DE INTERNET, TELEVISIÓN Y TELEFONÍA FIJA EN LA CIUDAD DE RIOBAMBA.

A continuación se presenta una breve descripción de las empresas que ofrecen actualmente los servicios que forman parte del paquete *TRIPLE PLAY* por separado; es

decir, servicios de valor agregado Internet, televisión por cable y telefonía fija en la ciudad de Riobamba .Se detallan sus principales características:

3.2.1 COORPORACION NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES (CNT EP.)



3.2.1.1 PRECIOS

3.2.1.1.1 PLANES DE INTERNET FASTBOY

En la Tabla III-V se muestra el detalle de precios de los planes que ofrece la empresa CNT EP para el servicio de internet:

Tabla III-V: Precios del servicio de Internet CNT.

PLAN(Mbps)	TARIFA MENSUAL Inc. IVA	INSCRIPCION Inc. IVA	BENEFICIOS
Plan 600X250	\$ 20,16	\$ 56,00	Este plan te permite: estudiar, navegar, páginas sociales, banca en línea y compras en línea
Plan 1024X250	\$ 27,89	\$ 56,00	Descargar Archivos, bajar música, videos, VoInternet
Plan 1400X250	\$ 33,49	\$ 56,00	Juegos en línea, Peer to Peer , Flash Video
Plan Multimedia 1600X250	\$ 44,69	\$ 56,00	Todos los beneficios que brinda el internet a gran velocidad
Plan Multimedia 2000X500	\$ 55,89	\$ 56,00	Perfecto para un Heavy User
Plan Profesionales 3100X500	\$ 72,80	\$ 56,00	Plan pensado en profesionales, que su prioridad es la descarga y envío de archivos pesados a mayor velocidad, Video conferencia, Internet TV
Plan Profesionales 4100X500	\$ 95,09	\$ 56,00	Plan pensado en profesionales, que su prioridad es la descarga y envío de archivos pesados a mayor velocidad, Video conferencia, Internet TV

3.2.1.1.2 LINEA TELEFONICA RESIDENCIAL

En la Tabla III-VI se muestra el detalle de precios de los planes que ofrece la empresa CNT EP para el servicio de Telefonía Fija:

Tabla III-VI: Precios de Telefonía Fija CNT.

Categoría	Instalaciones Principales dentro de una Zona Urbana ZBU	Pensión Básica Mensual	Derecho de Minutos
A	\$ 30,00	\$ 0,93/Mes	200
B	\$ 60,00	\$ 6,20/Mes	150
C	\$ 60,00	\$ 12,00/Mes	N/A

3.2.2 GRUPO TV CABLE

3.2.2.1 PRECIOS



En la Tabla III-VII se muestra el detalle de precios de los planes que ofrece la empresa TV Cable para el servicio de televisión por cable:

Tabla III-VII: Precios de Televisión por Cable. (Grupo TV CABLE)

Planes	Número de Canales	Tarifa Mensual
TVCable - Plan Familiar	42	\$ 12,99
TVCable - Plan Básico	51	\$ 14,90
TVCable - Plan Premium	70	\$ 21,50
TVCable - Plan Super Premium	157	\$ 49,90

3.2.3 FASTNET Cía. Ltda.

3.2.3.1 PRECIOS



En la tabla III-VIII se muestra el detalle de precios de los planes que ofrece la empresa FASTNET Cía. Ltda para el servicio de Internet:

Tabla III-VIII: Precios de Servicio de Internet FASTNET.

Plan(Kbps)	Tarifa Mensual
Plan Hogar- Básico	\$ 25,00
Plan Hogar- Premium	\$ 50,00
Plan Hogar- Plus	\$ 70,00

3.2.4 PUNTONET



3.2.4.1 PRECIOS

En la tabla III-IX se muestra el detalle de precios de los planes que ofrece la empresa PUNTONET para los servicios que ofrece:

Tabla III-9: Precios de Servicios de Telecomunicaciones Punto net.

Plan(Kbps)	Tarifa Mensual
Banda Ancha-100 Kbps	\$ 22,90
Banda Ancha-128 Kbps	\$ 24,90
Banda Ancha-256 Kbps	\$ 26,90
Banda Ancha-512 Kbps	\$ 39,90
Banda Ancha-1024 Kbps	\$ 89,90
Dial-Up-56 Kbps	\$ 10,00
Wireless	\$ 55,00+iva

3.2.5 TELCONET



3.2.5.1 PRECIOS

En la tabla III-X se muestra el detalle de precios de los planes que ofrece la empresa TELCONET para los servicios que ofrece.

Tabla III-X: Precios de Servicios de Internet. Telconet.

Plan(Kbps)	Tarifa Mensual
DSL-256 Kbps(6:1)	\$ 49,90
DSL-512 Kbps(6:1)	\$ 79,22

3.3 ANÁLISIS DEL MERCADO

Para el eficiente diseño de la red de acceso propuesta en este proyecto se decidió seleccionar al sector oriental de la ciudad de Riobamba, que es uno de los nodos que conforman el anillo metropolitano de la ciudad, denominado Nodo Oriental, el cual consta a la vez con diez AMG's para todo el sector, este proyecto estará enfocado en uno de ellos denominado AMG UNACH, principalmente por el alto flujo de potenciales consumidores, con la finalidad de generar un patrón de diseño apropiado que posteriormente pueda ser duplicado de manera fácil para el resto de este sector y de la ciudad.

Uno de los objetivos para lograr un diseño óptimo es realizar una exitosa estimación de la demanda. Se pretende ofrecer a la población el paquete *TRIPLE PLAY*, o parte de él, mediante la adecuada tecnología GPON de acuerdo a sus respectivas necesidades.

A continuación, se determina las características y funciones que deberá cumplir el servicio que requiere cada usuario sea natural o jurídico, para la red a diseñarse:

En los hogares:

- Bajo costo
- Horarios convenientes (tardes o noches)
- Descarga rápida de archivos
- Mensajería Instantánea
- Protección contra virus informáticos

Adicionalmente, cabe destacar que la gran mayoría de los usuarios buscan nuevos servicios que brinden:

- Servicios con calidad superior a los que actualmente utilizan.
- Un sistema de facturación simple, que dentro de lo posible abarque todos los servicios que reciben.
- Disponibilidad de los servicios sin restricciones.
- Servicio de mantenimiento inmediato.
- Baja inversión y costos de mantenimiento.

3.3.1 TAMAÑO DEL MERCADO

Considerando que el sector elegido para el diseño no abarca un barrio o parroquia específica, se decidió tomar el número total de usuarios que cuentan con línea telefónica del sector, con lo cual se realizó una estimación del número de viviendas, los datos se obtuvieron de las oficinas de la Corporación Nacional de Telecomunicaciones EP ciudad de Riobamba. El sector objeto registra 600 abonados.

3.3.2 CÁLCULO DE LA MUESTRA

Teniendo una población de 600 abonados existentes sobre los cuales se realizó el estudio se ha determinado la muestra para realizar las encuestas, la cual se generó con la siguiente fórmula:

$$n = \frac{N}{\varepsilon^2(N - 1) + 1}$$

Donde:

ε = *Error Muestral con un 95% de confiabilidad*

N = *Población total*

$\varepsilon = 0,05$

$N = 600$

Entonces $n = 240$ encuestas a realizarse

Con el número de encuestas a realizarse, se procedió a elaborar una encuesta, con la que se pretende confirmar las características de los requerimientos planteados con anterioridad. Se realizó una encuesta para la población a estudiar la cual se formulo de la manera menos compleja posible.

3.3.3 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

El presente análisis sirve de ayuda para determinar una aproximación de la penetración de los servicios de Telecomunicaciones en el sector escogido y además permite identificar

el posible número de clientes para nuestro proyecto, con lo que posteriormente se realizará la proyección de usuarios a cinco años, con el fin de conseguir un dimensionamiento óptimo de los equipos a implementarse.

Una vez concluida la recolección de datos a través de las encuestas, se procede a la tabulación de cada pregunta y se muestra el resultado por medio de gráficos los mismos que se detallan a continuación:

1. ¿Cuenta usted con servicios de telecomunicaciones en su casa? ¿Cuáles son?

La primera pregunta trata de cuantificar la presencia de los servicios de telecomunicaciones que forman el paquete *TRIPLE PLAY* (telefonía fija, televisión por cable e Internet) en el domicilio encuestado. Las Figuras III-23, III-24 y III-25 indican de manera gráfica los resultados obtenidos:

Tabla III-XI: Resultados de la pregunta 1 opción a.

LINEA TELEFONICA FIJA	RESULTADO	%
Si	230	96
No	10	4
Total	240	100

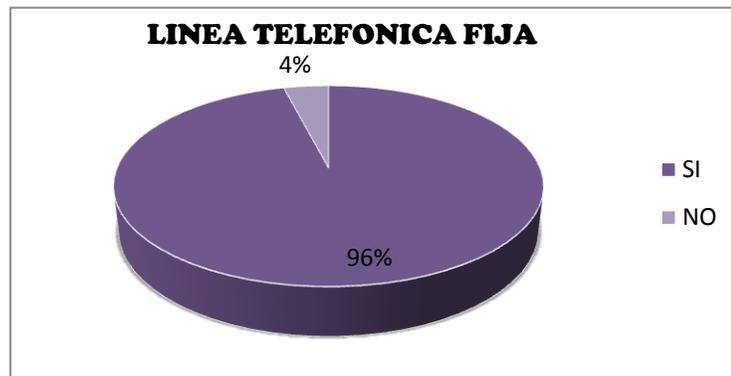


Figura III-23: Porcentaje de líneas telefónicas en el sector encuestado.

Como se observa el porcentaje de personas que cuentan con línea telefónica es del 96%(Tabla III-XI), este valor elevado se debe a que el sector seleccionado es un sector urbano de la ciudad, adicionalmente este dato da la razón para creer que éste es un

proyecto con mayor factibilidad de ser implementado por la Corporación Nacional de Telecomunicaciones.

Tabla III-XII: Resultados de la pregunta 1 opción b.

SERVICIO DE INTERNET	RESULTADO	%
Si	151	63
No	89	37
Total	240	100

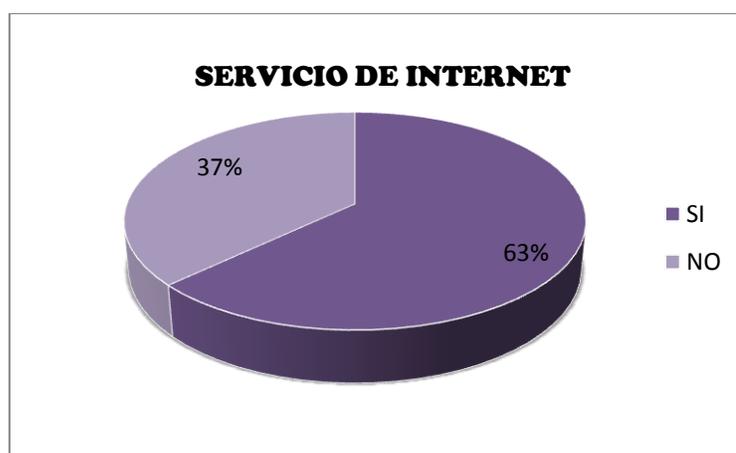


Figura III-24: Porcentaje de hogares que cuentan con servicio de Internet residencial.

Se aprecia que el 63%(Tabla III-XII), de los hogares encuestados no cuentan con servicios de valor agregado Internet, con lo que se concluye que existe un potencial mercado por explotar.

Tabla III-13: Resultados de la pregunta 1 opción c.

TELEVISION POR CABLE O SATELITAL	RESULTADO	%
Si	77	32
No	163	68
Total	240	100

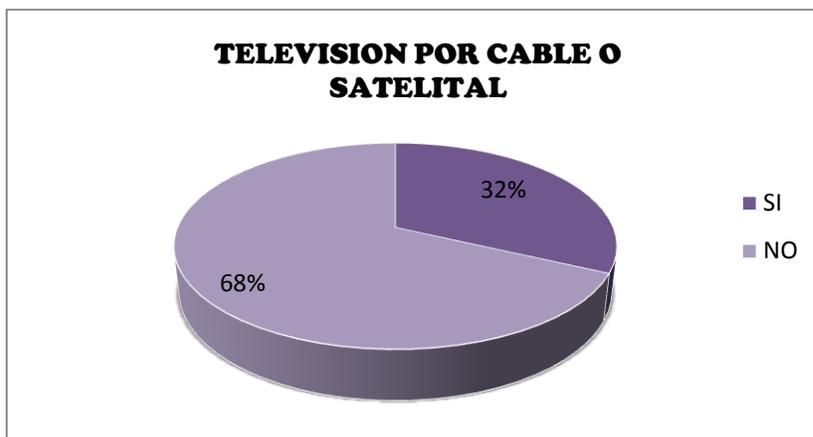


Figura III-25: Porcentaje de hogares que cuentan con el servicio de Televisión por Cable o Satelital.

Se observa que el porcentaje de hogares que no cuentan con este servicio es del 68%(Tabla III-XIII), un valor considerable para incluir a este sector dentro del grupo de potenciales clientes, cabe destacar que el 32% que si posee el servicio es de Televisión Satelital debido a que no se puede acceder al servicio de Televisión por cable en este sector porque ninguna empresa lo oferta.

2. Se encuentra usted satisfecho con el servicio que le brinda su proveedor de los servicios de telecomunicaciones antes mencionados?

Tabla III-XIV: Resultados de la pregunta 2

TELEVISION POR CABLE O SATELITAL	RESULTADO	%
Si	77	32
No	163	68
Total	240	100

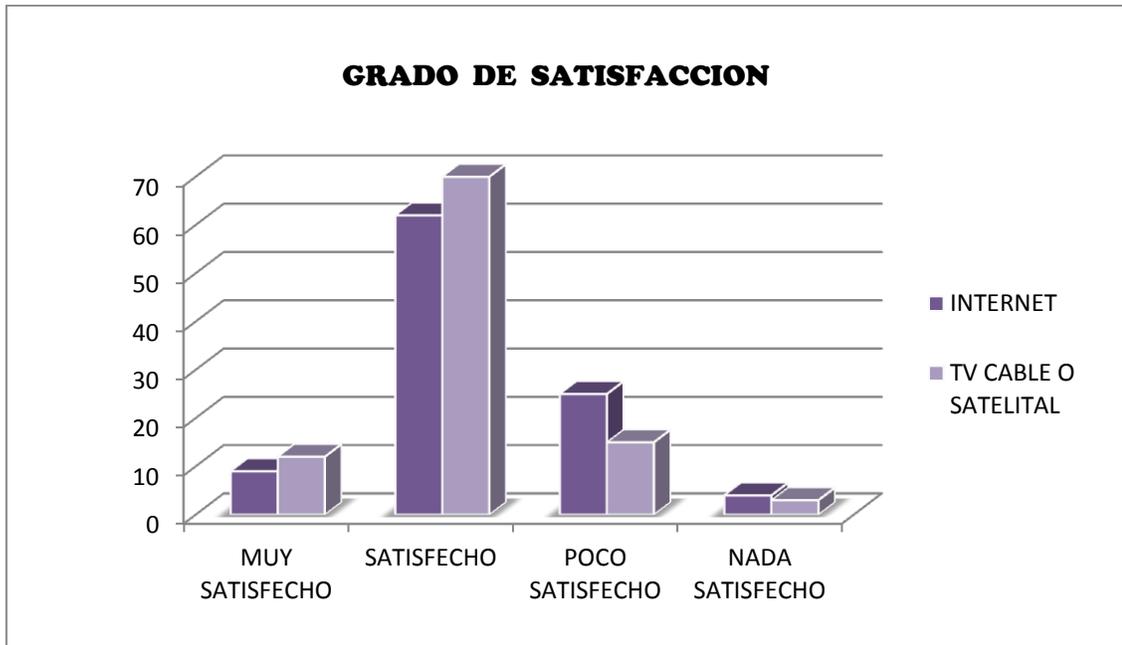


Figura III-26: Grado de satisfacción de los usuarios

Otro aspecto importante para la estimación de la demanda es el grado de satisfacción de los usuarios con su actual proveedor de servicios de telecomunicaciones (Tabla III-XIV), el porcentaje de clientes poco o nada satisfechos también serán incluidos como parte de los potenciales clientes del proyecto, como indica la Figura III-26.

3. ¿Cuánto tiempo usa en promedio al día sus servicios de Internet y Televisión por cable o satelital?

A continuación en la Figura III-27 se presenta la tendencia en el tiempo diario de uso de Internet y Televisión por Cable:

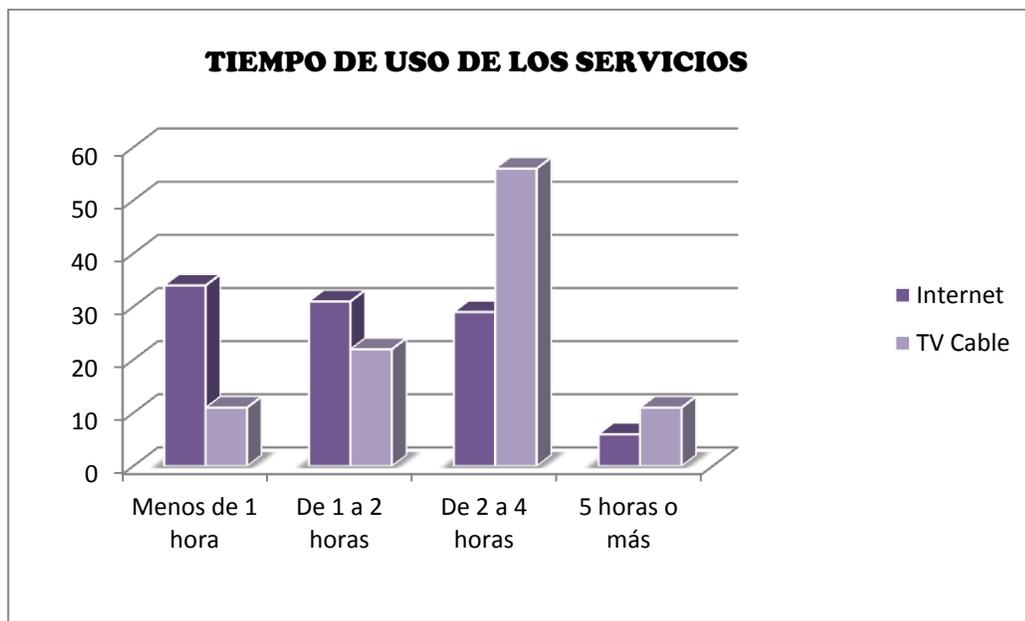


Figura III-27: Uso diario de los servicios de Internet y Televisión por Cable.

4. ¿Estaría usted dispuesto a contratar un servicio Triple Play (Telefonía fija, Internet y Televisión) con un solo proveedor de Servicios de Telecomunicaciones?

Tabla III-XV: Resultados de la pregunta 4.

ACEPTACION DEL SERVICIO TRIPLE PLAY	RESULTADO	%
Si	139	58
No	101	42
Total	240	100

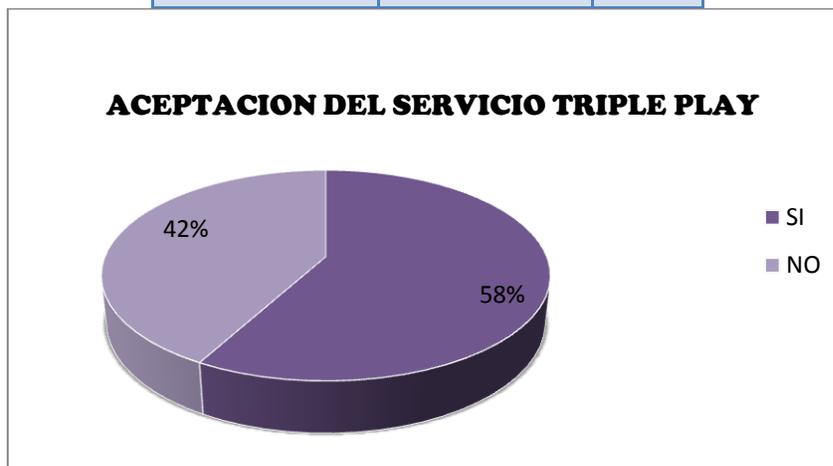


Figura III-28: Porcentaje de hogares dispuestos a contratar un paquete de servicios TRIPLE PLAY

La Figura III-28 representa el grado de aceptación por parte de los posibles usuarios hacia un paquete de servicios TRIPLE PLAY (Tabla III-XV).

Es importante para el proyecto que se tenga un alto porcentaje de aceptación al servicio *TRIPLE PLAY* a ofertarse, debido a que esto podría significar que un gran porcentaje de la población de este segmento esté dispuesta a cambiar a su o sus proveedores actuales por uno que ofrezca este paquete.

5. ¿Cuánto estaría dispuesto a pagar por el paquete de servicios Triple Play?

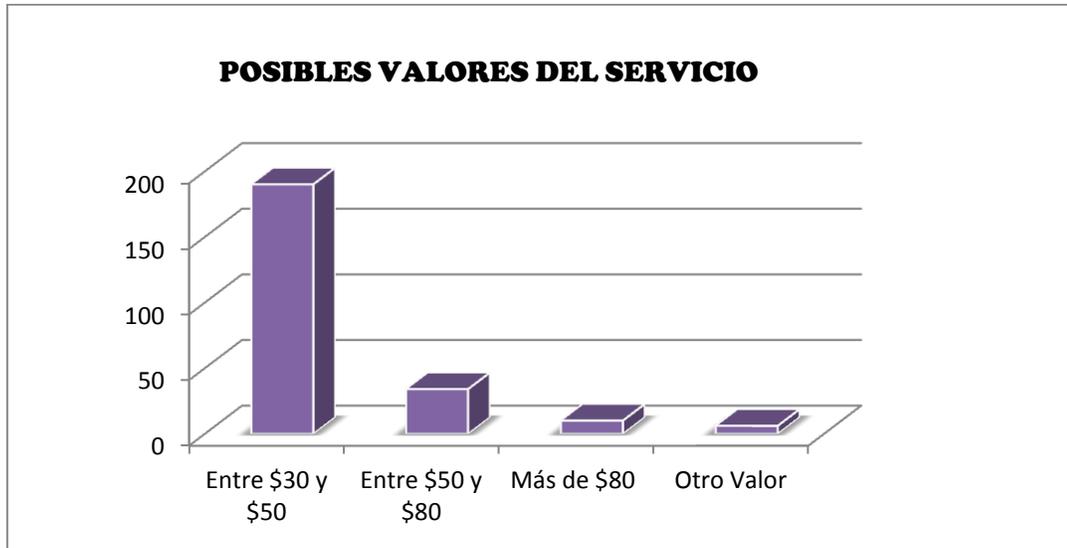


Figura III-29: Posibles valores mensuales por el paquete de servicios Triple Play.

Finalmente, para aquellas personas que estén dispuestas a contratar el paquete, se plantea un posible valor mensual a pagar por la contratación del servicio TRIPLE PLAY, que cuenta con tres servicios: telefonía, Internet y televisión por cable. Cada rango de valores, implica diferentes condiciones de uso de los servicios. La figura III-29 muestra los resultados obtenidos de las encuestas:

3.3.4 ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA INSATISFECHA

Una vez tabulados los resultados de las encuestas, se procedió al cálculo del número aproximado de clientes con los cuales se iniciaría la implementación de la red propuesta.

Actualmente en la ciudad de Riobamba no existe ningún proveedor de servicios que ofrezcan el paquete *TRIPLE PLAY*.

Mediante las encuestas se logró recopilar datos sobre la penetración y satisfacción de los usuarios de los servicios Telefonía, Televisión por cable e Internet.

De un total de población de 600 abonados que son los que cuentan con línea telefónica en el AMG del sector “UNACH” y según las encuestas realizadas a la muestra (240 abonados), los resultados de la demanda del servicio se presenta de la siguiente manera:

Demanda Insatisfecha = 58% Para el servicio Triple Play

Por lo que la Demanda Insatisfecha para el servicio Triple Play en 348 abonados (58% de 600 de la población estudiada).

Mediante las encuestas realizadas se comprobó que 348 usuarios están dispuestos a contratar un proveedor que mediante su red convergente les ofrezca el paquete *TRIPLE PLAY* a un precio razonable y con una baja inversión en equipos para su implementación. Este es el número de clientes con los que se espera contar para el primer mes de operación de la red y en base a este número de clientes se procede a realizar el diseño de la misma.

3.3.5 PROYECCIÓN DE LA DEMANDA

La proyección de la demanda permite tener un estimado de los requerimientos de la red de acceso a futuro; el tiempo determinado para esta proyección es de 5 años debido principalmente a la vida útil de los equipos e introducción de nueva tecnología.

Como consecuencia de la reciente implementación de los servicios *Triple Play* en el país, no se han encontrado datos históricos, por lo cual se empleo datos estadísticos de la tasa de crecimiento poblacional que anualmente entrega el INEC, los cuales se muestran en la Tabla III-XVI.

Tabla III-XVI: Crecimiento poblacional a nivel nacional.

	2007	2008	2009	2010	2011
Índice de crecimiento poblacional (%)	1.55	0.94	1.5	1.47	1.44

Se parte de un valor inicial de 600 familias en el sector y basándose en el índice de integrantes por familia que es 4 se tiene un total de 2400 personas, con este valor y utilizando lo que tenemos en la Tabla III-XVII, aplicamos la fórmula del índice de crecimiento que es:

$$i = \frac{A_f}{A_i}$$

Donde,

i = *Índice de Crecimiento*

A_f = *Población Año final*

A_i = *Población Año inicial*

Con ésta fórmula se realizó una regresión para obtener datos históricos estimados de la población, los cuales se muestran en la Tabla III-XVII..

Tabla III-XVII: Datos históricos de la población estimada del sector.

	2007	2008	2009	2010	2011
Población estimada	747	1158	1088	1632	2400

Posteriormente se empleo el Método de Regresión Lineal para obtener la ecuación de proyección, que nos permite generar datos estimados de la población del sector en los 5 años siguientes.

Formula de regresión lineal:

$$y = a + bx$$

Para obtener a y b realizamos cálculos y obtenemos la Tabla III-XVIII.

Tabla III-XVIII: Resultados obtenidos a partir de la formula de regresión lineal.

x	y	xy	x^2	y^2	$\Sigma \downarrow$
-2	747	-1494	4	558009	
-1	1158	-1158	1	1340964	
0	1088	0	0	1183744	
1	1632	1632	1	2663424	
2	2400	4800	4	5760000	
0	7025	3780	10	11506141	

Con los resultados de la sumatoria por columnas aplicamos las siguientes formulas:

$$b = \frac{\sum xy}{\sum x^2} = 378$$

$$a = \frac{\sum y}{n} = 1405$$

Reemplazando estos valores en la formula de regresión lineal, donde x es el número de años, obtenemos la proyección de la población estimada del sector hasta el año 2016 que se muestra en la Tabla III-XIX.

Tabla III-XIX: Población estimada del sector a partir del año 2012.

x	Años	Población estimada del sector
3	2012	2539
4	2013	2917
5	2014	3295
6	2015	3673
7	2016	4051

Finalmente con los valores de crecimiento de población volvemos a obtener el número de familias y de ellas sacamos el 58% que es el porcentaje de demanda insatisfecha en el sector, como se muestra en la Tabla III-XX y en la Figura III-30 se muestra el crecimiento de la Demanda Proyectada del servicio Triple Play en el sector del AMG-UNACH:

Tabla III-XX: Demanda Proyectada de Servicio Triple Play.

Años	Número de familias	% DI	Demanda Proyectada
2012	635	58	368
2013	729	58	423
2014	824	58	478
2015	918	58	532
2016	1013	58	588

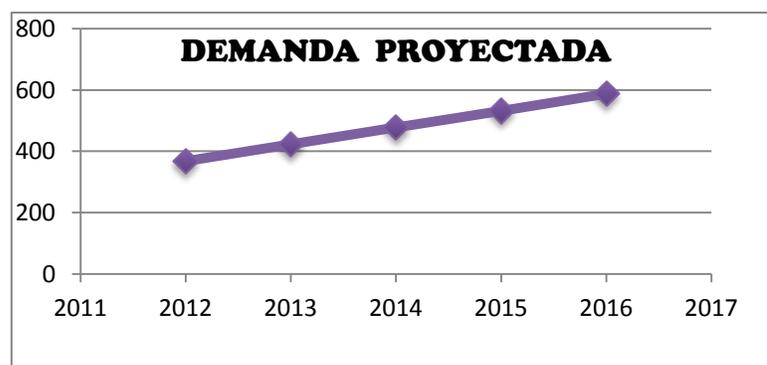


Figura III-30: Crecimiento de la demanda proyectada

3.4 ESTADO ACTUAL DE LA RED DE LA CORPORACIÓN NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES (CNT EP) EN LA CIUDAD DE RIOBAMBA.

3.4.1 TECNOLOGÍA EXISTENTE EN LA CNT EP

Backbone

- Propietarios de la red de fibra óptica más grande a nivel nacional, con más de 10.000 Km de fibra óptica instalada en todo el territorio Ecuatoriano.

- Poseen la fibra óptica de mayor calidad del Ecuador.
- La Fibra Monomodo y anillada que utilizan, permite mayor calidad en la transmisión de datos y garantiza una alta disponibilidad en la red
- La fibra óptica que utilizan incluye triple protección en el cable, chaquetas de seguridad, material anti-roedores y con alma de acero.
- Realizan la implementación a través de canalización subterránea, brindando mayor seguridad para garantizar el servicio y conforme a estándares internacionales, tales como el 568B.3.1.

Red de Transporte

- Disponen de tecnología de última generación con IP/MPLS TE y DWDM.
- La red nacional IP/MPLS TE de CNT es una red de última tecnología, una de las mejores a nivel de toda Sudamérica, implementada en su totalidad con tecnología CISCO, que se encuentra a la vanguardia de innovación, utilizada en los países más desarrollados, lo cual da garantía de calidad de servicio.
- Poseen capacidad en la red de Transporte de hasta 192 Lambdas
- Además tienen interfaces de conexión con capacidades de hasta 10 Gbps.

Red de Acceso

- Mediante la aplicación de las tecnologías existentes, están en capacidad de brindar todas las soluciones de telecomunicaciones que sus clientes requieren, posibilitando alcanzar alta capacidad, alta calidad e incrementando la eficiencia de otras empresa ya que le permite configurar las opciones de acuerdo a las necesidades específicas que tengan los usuarios.
- Disponen de las tecnologías de acceso fija más avanzadas del Ecuador, para llegar con la mejor velocidad de Internet.
- Empresa.ADSL2; GPON; G.SHDSL; WIMAX.

La CNT-EP maneja los servicios de xDSL, la misma que está formada por un conjunto de tecnologías que proveen un gran ancho de banda sobre circuitos locales de cable de

cobre, son tecnologías de acceso punto a punto a través de la red pública, que permiten un flujo de información tanto simétrico como asimétrico y de alta velocidad.

Afortunadamente, hoy en día ésta empresa de Telecomunicaciones dispone de tecnologías xDSL mucho más avanzadas, entre ellas, la que nos ofrece un mayor abanico de posibilidades es VDSL, que permite velocidades de hasta 15Mbps lo que la convierte en realmente atractiva, de manera simétrica, es decir, con la misma velocidad de datos de subida que de bajada, utilizando cables de hasta 1500 metros extremo a extremo. Y más atractiva aún resulta el siguiente escalón, VDSL2, que ofrece velocidades de hasta 100Mbps de forma simétrica. La simetría de velocidad de datos que ofrece VDSL resulta crítica para el buen desarrollo de implantaciones de voz sobre IP, Video sobre IP, etc., su limitación técnica como es la velocidad, la distancia a medida que se aleja de la central principal, y de un ancho de banda que no se pueda entregar con facilidad al suscriptor final.

La CNT-EP, brinda los servicios de banda ancha con la tecnología ADSL, la misma que se ha convertido en la más popular, dada su alta penetración en los sectores: empresarial, comercial, bancario, educativo, hospitales, edificios públicos y en nuestros hogares.

En la actualidad la CNT-EP, cuenta con los AMG Access Media Gateway, es el equipo que permite conectar líneas de cobre para proveer el servicio de telefonía tradicional y el servicio de ADSL hasta el suscriptor final, estas centrales telefónicas se encuentran ubicadas en sectores estratégicos de la ciudad y conectados con un cable de fibra óptica G652D de 48 hilos desde la central principal y entre nodo y nodo como se indica en la Figura III-31, indica la topología actual de la red de fibra óptica, la ubicación del anillo metropolitano con el que cuenta la ciudad de Riobamba.

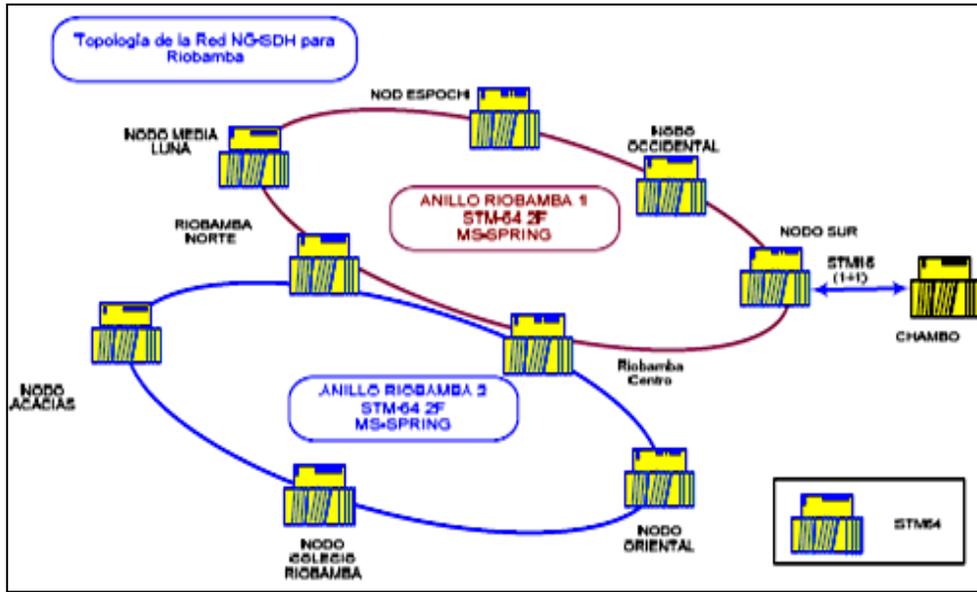


Figura III-31: Anillo entre Nodos en la ciudad de Riobamba

El Nodo Oriental de la ciudad de Riobamba consta con diez AMG's, para el presente proyecto se realizará el diseño para el AMG-UNACH, que se encuentra seleccionado en color rojo en la figura III-32:

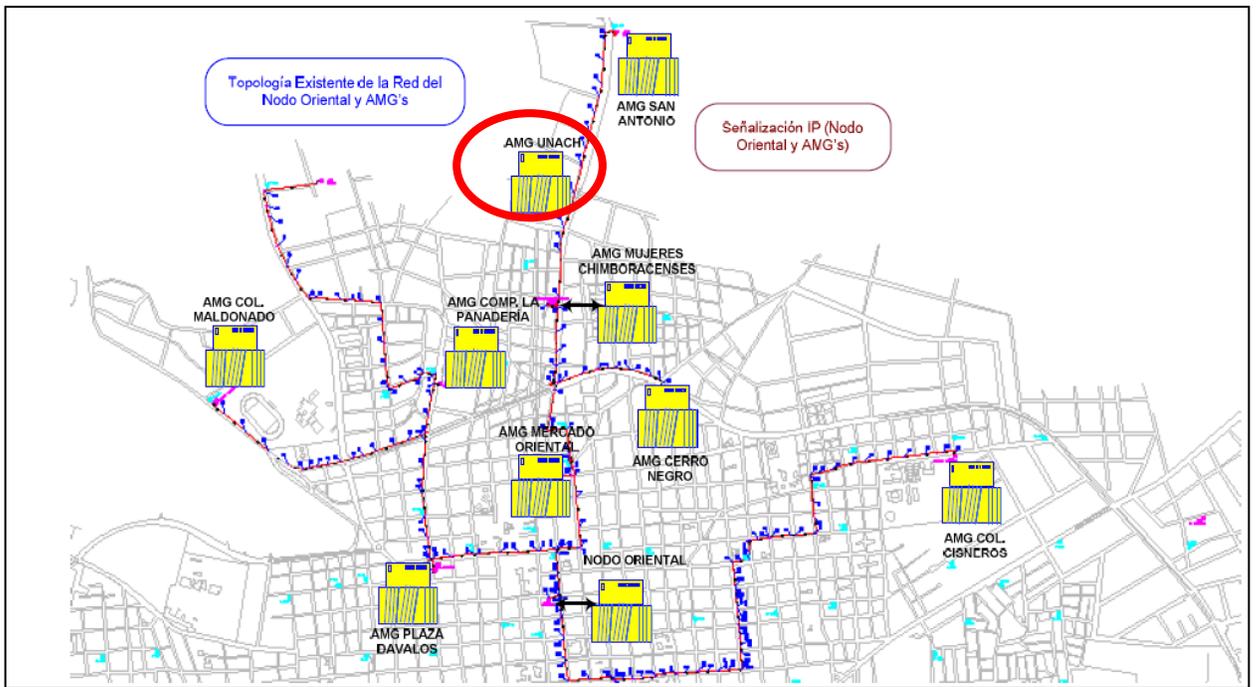


Figura III-32: Red existente del Nodo Oriental y sus correspondientes AMG's.

CAPÍTULO IV

DISEÑO DE LA RED DE ACCESO GPON

4.1 INTRODUCCIÓN

La ciudad de Riobamba es la capital de la Provincia de Chimborazo. Este proyecto presenta el diseño de una red de acceso que permita a los proveedores de servicios ofrecer servicios *TRIPLE PLAY* mediante tecnologías *GPON*, que emplean fibra óptica para prestar una gran capacidad de transmisión a costos razonables.

La planificación y el dimensionamiento se establecieron de acuerdo a la proyección de usuarios potenciales presentada en el capítulo anterior, adicionalmente se consideró el menor costo, facilidad de instalación y expansión de la red. Los criterios de diseño propuestos se fundamentan en las recomendaciones y estándares de organismos internacionales que rigen el mercado de las telecomunicaciones a nivel mundial y en las leyes vigentes en el Ecuador para la construcción de redes de acceso. Se trató en lo posible de acercar la fibra al usuario dependiendo de sus necesidades específicas.

4.2 CONDICIONES PRELIMINARES DE LA RED

La Tabla IV-XXI muestra la demanda del ancho de banda por parte de los usuarios en la actualidad, esto debido al surgimiento de nuevos servicios ofrecidos por las Operadoras de Telecomunicaciones en el país.

Tabla IV-XXI: Ancho de banda requerido por los usuarios.

Servicio	AB Upstream	AB Downstream
SDTV	64 Kbps	4 Mbps
HDTV (por canal)	64 Kbps	20 Mbps
Navegación - Internet	128 Kbps - 640 Kbps	128 Kbps - 1,5 Mbps
Juegos en línea	2 - 3 Mbps	2 - 3 Mbps

Telefonía	64 - 256 Mbps	64 - 256 Kbps
Videoconferencia	384 Kbps - 1,5 Mbps	384 Kbps - 1,5 Mbps
Transferencia archivos	128 - 512 Kbps	128 - 512 Kbps
Video bajo demanda	64 - 128 Kbps	6 Mbps
Total	6,164 Mbps	36,768 Mbps

Se determina una demanda de ancho de banda y decimos que, cada uno de los usuarios requiere como mínimo una capacidad de 7 Mbps de Upstream y 37Mbps de Downstream para poder contar con los servicios detallados.

4.3 DISEÑO DE LA RED

El diseño de la red implica la toma de algunas decisiones clave con respecto a la arquitectura de red seleccionada ya que el objetivo es lograr una red eficiente que optimice los recursos, minimice los gastos de inversión y los gastos operativos permitiendo la recuperación del capital a corto plazo, logrando conjuntamente los mayores niveles de flexibilidad posibles. Así, respetando los objetivos propuestos en este proyecto se realiza el diseño de una red de acceso que cubrirá un Nodo del sector oriental de la ciudad de Riobamba, los criterios técnicos a considerarse para el diseño de la red son los siguientes:

- Tipo de red a utilizarse en el diseño.
- Determinación de la topología de la red.
- División del sector seleccionado.
- Tipo de fibra y cableado a utilizarse.
- Ubicación de equipos.

4.3.1. TIPO DE RED A UTILIZARSE EN EL DISEÑO

Las comunicaciones de banda ancha requieren de un equipamiento y la tecnología adecuados para ofrecer los servicios de voz, datos y video. La fibra óptica tiene gran capacidad de ancho de banda, el mismo que se halla limitado por los equipos a los que se

conecta, y, está comprobado que una arquitectura de red con fibra óptica se convierte en una red más confiable, por lo que se utilizará una red óptica en el presente diseño.

Dentro de las soluciones en cuanto a arquitecturas de fibra óptica, se tienen las soluciones FTTX, mencionadas en el capítulo II, que describen arquitecturas de redes de transmisión de alto desempeño basadas en tecnología óptica que varían de acuerdo al alcance de la fibra y la proximidad al usuario final.

Teniendo en consideración los resultados de las encuestas presentados en el capítulo tres se aprecia que la arquitectura más eficiente en el proceso de diseño será: FTTN porque nuestro proyecto está dirigido a usuarios residenciales y básicamente porque la penetración de servicios de banda ancha en el sector elegido de la ciudad de Riobamba es aún muy bajo por lo que no es necesario llegar con fibra hasta el usuario final, adicionalmente, la selección de estas arquitecturas se reflejara en un menor costo del servicio, puesto que el valor de la ONU será compartido por varios usuarios lo que de cierta forma favorecerá la aceptación del servicio. Como se mencionó anteriormente para estas tecnologías el tendido de cobre no será mayor a 500 m, por lo que no se presentarán mayores pérdidas.

Para el despliegue de una red FTTx se utilizarán redes ópticas pasivas xPON, descritas en el capítulo II, la principal ventaja de este tipo de redes es que solo se necesitan equipos activos en los extremos, por consiguiente son más sencillas, son menos sujetas a fallas y su costo de mantenimiento es relativamente bajo.

Se decide emplear en el presente proyecto una red GPON, descrita más detalladamente en el capítulo II, con las siguientes características:

- El nivel de división que se emplea en la práctica y se lo considerara en el presente proyecto es de 1:64 y 1:32, dependiendo de cuantos clientes tengamos en cada nodo de las diferentes zonas.
- De acuerdo al estudio del territorio del sector seleccionado cumple con la especificación de distancia de GPON que indica como recomendación de 20 km, en nuestro caso el lugar más lejano esta a 4.5 km.

- Se pretende ofrecer una eficiencia del 93% dependiendo del tipo de servicios.
- Se trabajará de las arquitecturas FTTX, con FTTN, Fibra hasta el Nodo por lo tanto para llegar a los hogares, se utilizará VDSL2.

4.3.2 TOPOLOGÍA DE LA RED

Debido a sus amplias potencialidades, las tecnologías GPON pueden aplicar varias topologías de conexión que variarán en dependencia de la situación del terreno. Algunas topologías multipunto más utilizadas son:

4.3.2.1 En árbol

Su estructura consiste en la interconexión del nodo central con un divisor óptico mediante tan solo un tramo de fibra (Figura IV-33). El divisor es el dispositivo pasivo que se encarga de repartir la señal, enviándola a sus destinatarios. Este divisor requiere unas funciones especiales para la privacidad y seguridad. Para poder realizar las tareas de conmutación en el divisor se asignan unos intervalos de tiempo específicos para los ONTs, basándose en la demanda de ancho de banda de cada uno de estos. En el canal ascendente se utiliza algún protocolo de acceso múltiple, normalmente multiplexación por división en el tiempo (TDM).

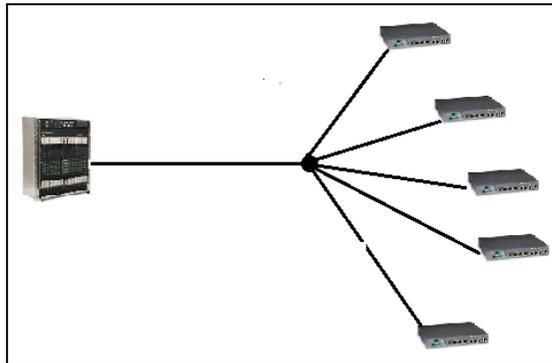


Figura IV-33: Topología en árbol.

4.3.2.2 En Bus

En esta arquitectura, el nodo central está conectado a otros nodos mediante un enlace común, que comparten todos los nodos (ONTs) de la red, como vemos en la Figura IV-34. Esta red posee dos direcciones: una de izquierda hacia la derecha, donde los nodos

insertan tráfico, y otra de derecha hacia la izquierda. Evidentemente, el gran inconveniente de estos sistemas es la fiabilidad de la transmisión. La ruptura del enlace de fibra en un punto determinado del circuito deja sin comunicación a todos los usuarios situados en el tramo posterior a la rotura del cable.

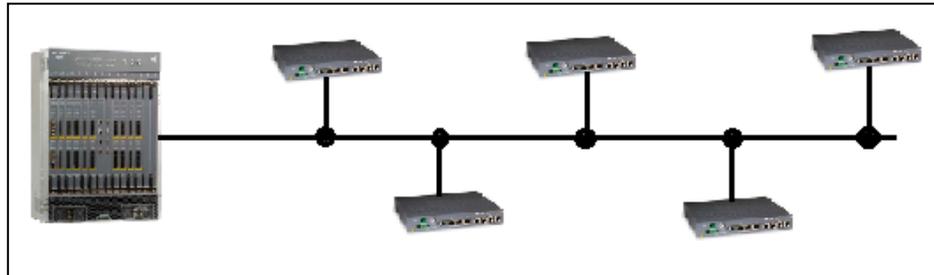


Figura IV-34: Topología en bus.

4.3.2.3 En Anillo

La arquitectura del tipo anillo consiste en un enlace común para todos los nodos en forma del anillo, tal y como se puede observar en la Figura IV-35 . Las topologías en anillo son atractivas por su robustez y son la base de muchas arquitecturas LAN y MAN para conseguir una comunicación fiable. Los anillos son capaces de recuperar la comunicación después de un fallo utilizando dos técnicas de protección: la protección de ruta y el enlace/nodo de recuperación. La primera consiste en reenviar el tráfico desde el OLT en el sentido contrario al sentido anterior. La segunda técnica es similar, pero en este caso el tráfico se re direcciona en el nodo/enlace donde se ha producido la rotura.

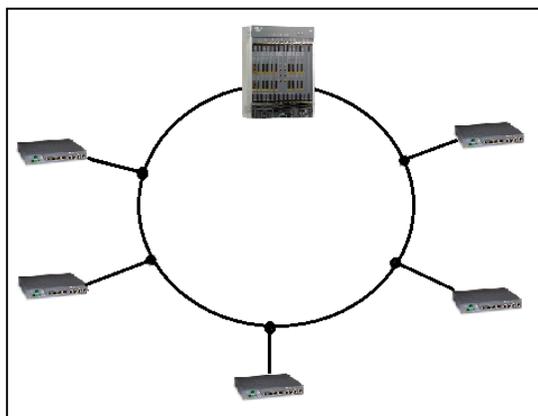


Figura IV-35: Topología en anillo.

Como se puede apreciar en las figuras anteriores las redes GPON pueden ser flexiblemente instaladas en cualquiera de estas topologías usando acopladores ópticos y divisores ópticos 1:N. Además, pueden desplegarse en configuraciones redundantes tales como doble anillo o doble árbol; o la redundancia puede ser añadida a una sola parte de la red, es decir tronco del árbol.

Para el presente diseño utilizaremos la topología en árbol, porque este tipo de arquitectura es el más utilizado, debido a su bajo costo y a su gran eficiencia. En la Figura IV- 36 muestra el diseño de la red propuesta con la topología elegida.

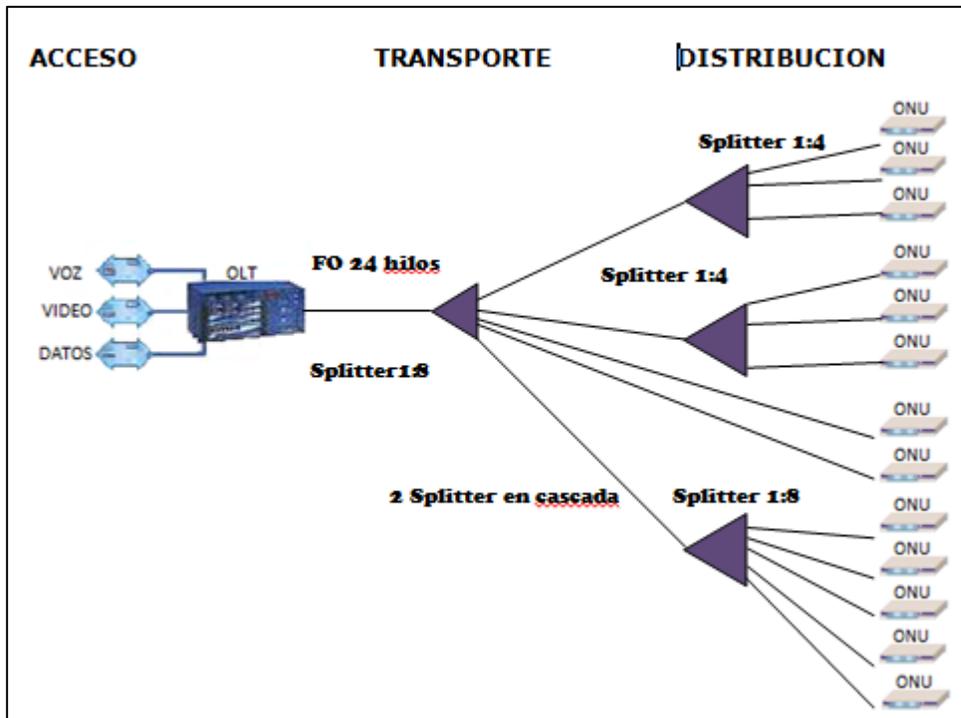


Figura IV-36: Topología de la red propuesta.

4.3.3. DIVISIÓN DEL SECTOR SELECCIONADO

Al sector del AMG - UNACH del Nodo oriental de la ciudad de Riobamba seleccionado para el diseño de la red de acceso se dividió por facilidad de diseño y de administración de la red en tres zonas (Anexo B). Cada una de estas zonas tiene aproximadamente un

área similar, pero el diseño para cada zona se realizó de manera independiente, haciendo referencia al número de habitantes.

4.3.4. UBICACIÓN DE LA OLT

Como se muestra en el capítulo II, en la Figura II-14, se presentan varias posibilidades de ubicar a la OLT, cada una de las cuales presenta ventajas y desventajas.

Se ubicará a la OLT en el AMG-UNACH, debido a que hasta ahí llega la distribución de fibra del nodo oriental, adicionalmente se facilitan y reducen los costos en la operación y mantenimiento. La ubicación geográfica de la OLT es en el interior de la UNACH diagonal al barrio Gabriel Moncayo.

Para el diseño se seleccionará una sola OLT que cuente con las siguientes características:

- Un puerto Gigabit Ethernet para que se conecte a un nodo de acceso de la red IP/MPLS de la CNT EP. La forma de la conexión dependerá de la capacidad requerida y de las soluciones que ofrezca CNT EP, el puerto deberá ser óptico porque hasta el AMG desde donde parte nuestro diseño llega la red de fibra, se empleará un ODF para la conexión del AMG hacia la OLT.
- Se empleara una única OLT con la estructura de estante y 6 tarjetas GPON que soporten hasta 64 ONU's y aseguren una distancia de transmisión de 20 kilómetros bajo alta anchura de banda. Las tarjetas GPON se conectarán mediante un cable de fibra óptica a los *splitters* ubicados de manera estratégica en cada una de las zonas.
- Una tarjeta de administración que permita configurar a los clientes dependiendo los servicios que contraten y que permita el monitoreo de consumo para posterior facturación. Adicionalmente debe contar con un software de monitoreo con alarma que me indique desconexión de la fibra o problemas de energía.
- Tarjeta de alimentación a 120V.
- Una de las características que debe tener este equipo, es trabajar con WDM ya que GPON opera en las siguientes frecuencias que le permiten ofrecer los servicios *Triple Play*:

1310nm para voz y datos, en conexión ascendente, del cliente a la central.

1490nm para voz y datos, descendente, de la central al cliente.

1550nm para video de RF, en conexión descendente.

- La OLT será responsable de la asignación del ancho de banda a cada uno de los usuarios de acuerdo con los contratos establecidos. Para que los recursos de la red sean empleados eficientemente, la OLT debe implementar un método para asignar el ancho de banda dinámicamente, respondiendo a los cambios en las demandas de tráfico en la red de acceso, esto se logra con un sistema de gestión adecuado, el mismo que almacena en un servidor la información de cada uno de los clientes de la red, este sistema debe tener la capacidad de, entre otras funciones, principalmente asignar los servicios de acuerdo con los planes adquiridos como monitorear su funcionamiento para detectar fallas y su ubicación exacta, permitiendo incluso la solución de problemas menores.
- Los servicios de voz, datos y video que serán contratados y llegarán a la OLT por medio de un cable de fibra por parte de la CNT EP y serán separados a través de VLAN's, lo que implica que se asignarán direcciones IP de forma dinámica a los equipos finales, el contrato con la CNT EP implica que los clientes sean autenticados y asignados IP.

4.3.5. TIPO DE FIBRA A UTILIZARSE

Se utilizará un cable de fibra de estructura holgada, que tiene mayores seguridades en cuanto al tendido y mantenimiento de la fibra, es más sensible al movimiento debido a las protecciones que tiene (gel) y tiene un radio de curvatura mayor que un cable de estructura ajustada.

Para el tendido de cable de fibra óptica se utilizará tendido aéreo: a través de postes.

Al utilizar estructuras que permitan el tendido aéreo de la fibra, se tiene la ventaja de la existencia de postes a lo largo del recorrido del cable, para el caso de este proyecto, la opción más factible es el uso de los postes de hormigón de propiedad de la empresa eléctrica, lo que hace que al utilizar este tipo de tendido, la instalación sea más sencilla, facilite además las tareas de mantenimiento y permita una rápida detección de fallas en el cable, lo que se deriva en un tendido menos costoso que el anterior, razones por las que se utilizará el tendido aéreo para el diseño de la red de acceso.

De acuerdo con el análisis realizado en el capítulo II, y las características del tipo de fibra de tendido aéreo, se decide trabajar con fibra de tipo ADSS principalmente porque: se cuenta con los postes de la empresa eléctrica que podrían servir para el tendido de la fibra, y de acuerdo con la tabla II-4, del capítulo II, este tipo de cable presentará un menor costo tanto del cable como en la instalación en comparación con los otros cables.

Para un tendido aéreo de fibra se requieren sostener el cable por medio de herrajes de suspensión y herrajes de retención, los que se colocarán en cada uno de los postes.

De acuerdo con la tecnología utilizada, GPON, se deberá utilizar un cable de fibra monomodo, adecuado principalmente para largas distancias y altas tasas de transmisión.

Como se pudo observar en el capítulo II, las fibras que cumplen con la norma G.655 presentan mejores condiciones de trabajo en redes que demandan gran ancho de banda y grandes distancias lo que se deriva en un mayor costo de despliegue de la fibra, en comparación con las fibras que cumplen la norma G.652. Para el diseño de la red de acceso no se han contemplado distancias relativamente grandes y dado que, la fibra de acuerdo con la recomendación G.652 D puede cumplir con los requerimientos de velocidad necesarios en la red, resulta suficiente el uso de este tipo de fibra, y para cumplir con los requerimientos será de 24 hilos.

4.3.6 Ubicación de los *Splitters*

Para el diseño se ubicará un *splitter principal* en una cabina exterior (*Outdoor Cabinet*) principalmente por la razón de que la expansión de la red se facilita colocando los *splitters* en puntos estratégicos, y no en lugares cerrados donde el uso de los puertos quedaría limitado a un reducido número de clientes.

Se utilizará la técnica de ***splitters en cascada***, ya que presenta menores costos de despliegue por abonado y es ideal para zonas con alta penetración de mercado.

Debido a que la OLT puede soportar hasta 64 ONUs, y que el sector seleccionado ya fue dividido en tres zonas, se establecen dos niveles de división (*two-level splitting*), de esta

forma se logra cubrir a más usuarios ubicados a distancias mayores y se cumple con esta característica de la OLT.

Los splitters secundarios se colocarán en puntos estratégicos, en el exterior para que los puertos no se limiten a un reducido número de clientes.

4.3.6.1. Ubicación splitter primario

A la salida de la OLT se conectará un splitter primario de 1:8. Este detalle implica que se va a ocupar solo 5 de las salidas quedando una de respaldo para el futuro crecimiento de la red. El armario donde se colocará el *splitter primario* deberá ser construido ante la falta de este tipo de infraestructura en la ciudad.

En la tabla IV-XXII se detalla la ubicación del armario para el alojamiento de los equipos del Splitter primario y la distancia que la fibra deberá recorrer para llegar desde la OLT:

Tabla IV-XXII: Ubicación y distancia desde la OLT al armario donde está ubicado el Splitter primario.

UBICACIÓN ARMARIO	SPLITTER PRIMARIO	DISTANCIA OLT- PRIMARIO (m)
Diagonal al AMG - UNACH	1:8	8 m

En la figura IV-37 se puede apreciar la ubicación del armario donde se colocará el *splitter* principal y el tendido de fibra desde el AMG donde se encuentra la OLT.

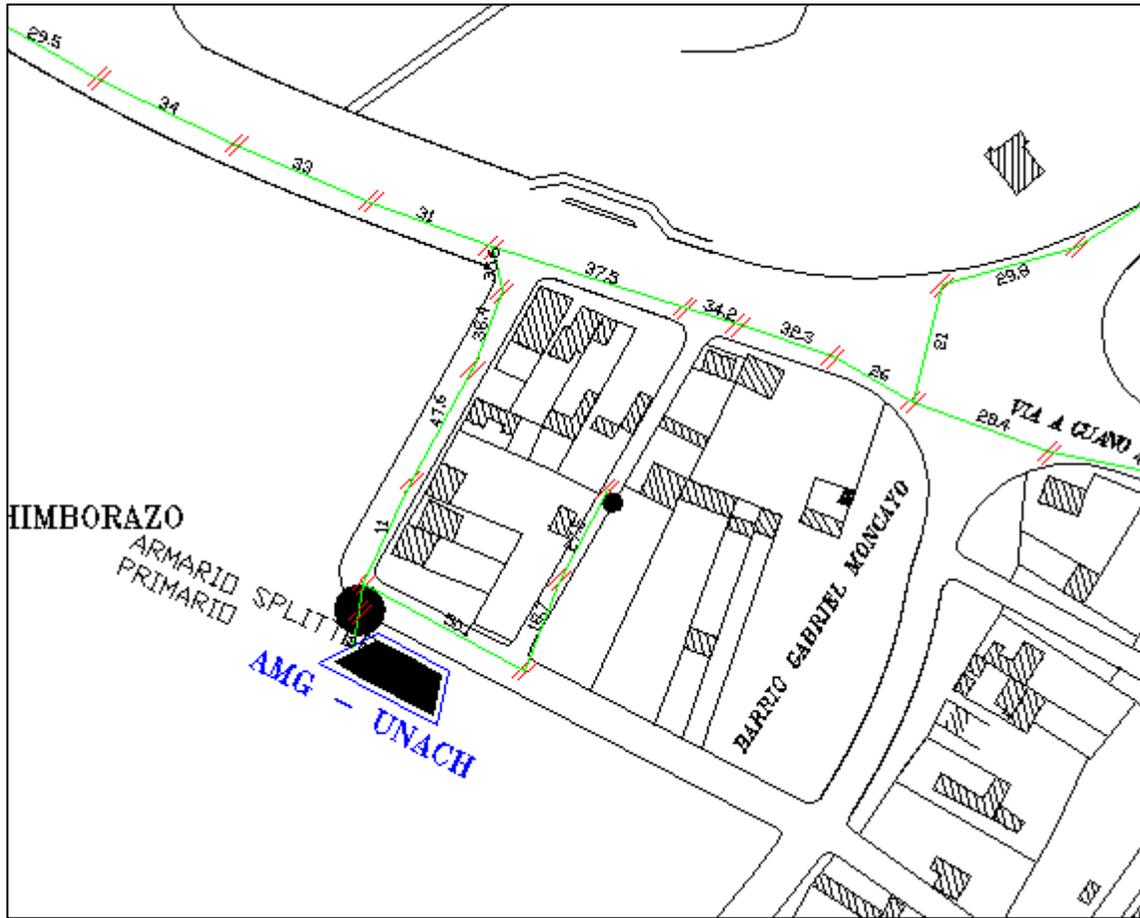


Figura IV-37: Ubicación del armario principal.

4.3.6.2 Ubicación de los splitters secundarios y ONUs en cada zona.

Se conectará un *splitter* secundario de 1:4 en 2 de las zonas, y uno de 1:8 en otra de ellas; además en la zona 1 dos de los accesos del *splitter* principal irán directamente conectados hacia las ONUs por encontrarse cerca de la ubicación del armario principal; básicamente se realizó esta división, para poder satisfacer las necesidades de los usuarios, ya que se pretende llegar con cobre al hogar, por ende debemos hacer lo posible porque la distancia sea corta. Se utilizarán los 4 accesos disponibles de cada *splitter*, y cada uno se conectará a una ONU con capacidad de 64 usuarios y 32 usuarios dependiendo del caso; la conexión a los diferentes *splitters* y hasta la ONU se realizará

mediante el tipo de fibra óptica señalada en el literal 4.3.5. Considerando que cada hilo de fibra soporta hasta 64 usuarios.

En las tablas IV-XXIII y IV-XIV se indica la capacidad de las ONUs y *splitters* secundarios con las distancias que deberá recorrer la fibra.

Tabla IV-XXIII: Capacidad y distancias de los splitter secundarios.

ZONA	SPLITTER SECUNDARIO	DISTANCIA SPLITTER PRIMARIO(m) – SPLITER SECUNDARIO (m)
1	1:8	412m
2	1:4	363m
3	1:4	1036.7

Tabla IV-XXIV: Capacidad y distancias de las ONUs

ZONA	CAPACIDAD ONU	DISTANCIA SPLITTER PRIMARIO(m) – ONU(m)	DISTANCIA SPLITTER SECUNDARIO(m) – ONU(m)
1	1:32	96.3m	
1	1:64	575.8m	
1	1:64		231.7m
1	1:64		215.2m

1	1:64		547.01m
1	1:64		242.6m
1	1:64		215.2m
2	1:32		303.5m
2	1:64		172.1m
2	1:64		246.2m
3	1:32		290.1m
3	1:64		183m
3	1:64		446.5m

En el Anexo B se muestra el esquema de la red de acceso con el diseño completo: la ubicación de la OLT, el tendido de fibra, ubicación de splitters primarios y secundarios en cada una de las zonas y la ubicación de las ONUs.

4.3.7. Distribución del servicio a los usuarios

A partir de la ONU, al domicilio o ubicación del cliente se llegará por medio del par trenzado telefónico UTP, se usa este tipo de cable principalmente porque es el medio de transmisión más empleado en redes LAN, su instalación es barata y sencilla aunque presenta problemas de sensibilidad a la interferencia electromagnética. Se pueden

diferenciar varias categorías de este tipo de cable que van de acuerdo a las aplicaciones que se transportarán a través del mismo.

La categoría de cable UTP empleada para este diseño será categoría 6, que es un estándar de cable que puede transmitir datos hasta 1 Gbps y las características de transmisión del medio están especificadas hasta una frecuencia superior a 250 MHz..

4.3.7.1 Equipo final de usuario

Considerando que las distancias que se tendrán desde la ONU al usuario final no son mayores de 300m, se puede elegir la tecnología XDSL más apropiada, así se empleará VDSL2 considerada como una de las tecnologías de mayores ventajas además de permitir el transporte de servicios de banda ancha a velocidades aceptables, las cuales fueron descritas en el capítulo II.

De esta manera, para ofrecer al usuario final el paquete *TRIPLE PLAY* se empleará un modem compatible con VDSL2 y que cuente con al menos un puerto LAN con conector RJ-45 (Para la conexión del PC), un puerto para voz con conector RJ-11 y un puerto para TV con conector coaxial tipo F o en su defecto con conectores RFA, la figura IV-38 muestra una aproximación de la conexión entre la ONU y el equipo final de usuario:

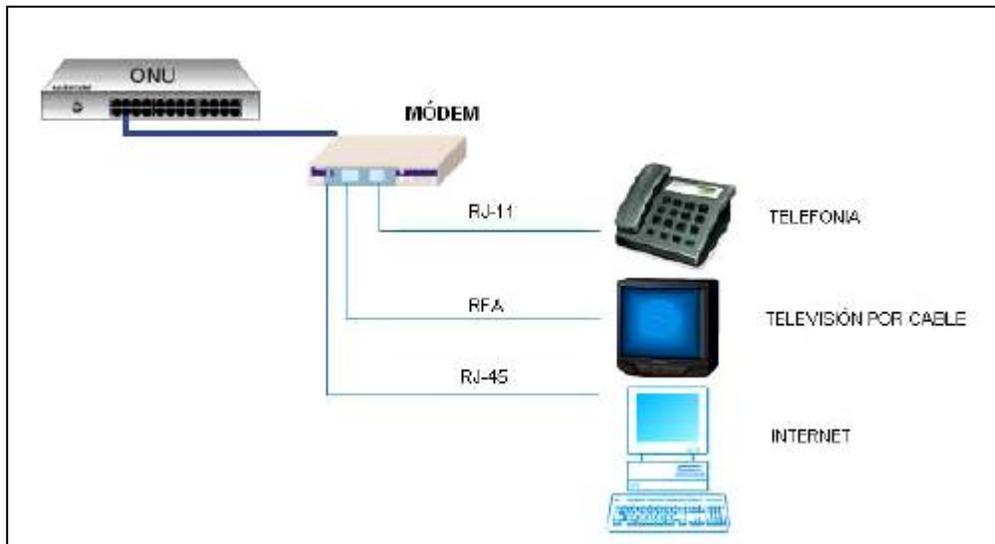


Figura IV-38: Conexión entre la ONU y el equipo final de usuario

4.4 EQUIPOS PRINCIPALES

Luego de haber realizado el diseño, considerando los requerimientos de la red y las necesidades de los usuarios, en este punto se sugiere la utilización de los equipos necesarios que permitan un rendimiento óptimo de la red propuesta.

Partiendo desde la central local, en este caso el nodo UNACH, que es un punto clave en la etapa de diseño, ya que es aquí donde se concentran los datos y se produce la conversión para adaptarlos y ser transportados hacia el cliente se encuentra la OLT que tiene el equipo terminal de voz y datos digitales que incluye un transmisor láser de 1490 nm. (Láser DFB) y un detector receptor de 1310 nm. Además se encuentra el equipo terminal de video analógico que usa un láser transmisor de 1550 nm. (Láser DFB estabilizado en frecuencia) y un EFDA para amplificar la señal de video.

En cada nodo, la ONU tiene una fuente de alimentación y un detector transmisor de 1310 nm. Un receptor de láser de 1490 nm y un receptor de láser de 1550 nm.

4.4.1 OLT ALCATEL-LUCENT 7342



Figura IV-39: Alcatel-Lucent 7342 OLT Chassis.

- Capacidad de 2.5 Gbps en *downstream* y 1.2 Gbps en *upstream* sobre una sola fibra.
- Alcance de 30 km a 28 dB Class B+.
- Potencia de Tx óptica -1.5 dBm a 5 dBm
- Mayores distancias posibles con la activación de FEC (*Forward Error Correction*)
- Soporte de hasta 2,048 usuarios por OLT
- Capacidad de conmutación de fábrica máxima de 100 Gbps con alta disponibilidad.
- Modos de compartición redundante y de carga.

4.4.2 ONU- ALCATEL-LUCENT ISAM 7302



Figura IV-40: Alcatel-Lucent ISAM 7302 ONU

- Para proveer servicios a base de cobre en la última milla, el Alcatel-Lucent 7302 ISAM soporta POTS y VDSL2.
- Permite velocidades de banda ancha de 100 Mb/s, y más allá.
- Para los servicios basados en fibra, Gigabit PON (GPON) y de punto a punto las tecnologías de acceso disponible.
- Ideal para FTTN, por lo que permite reutilizar la red de cobre existente.

4.5 CÁLCULOS DEL SISTEMA

Durante la planificación de un enlace entre dos puntos a través de fibra óptica es necesario estudiar un gran número de parámetros. El diseño del mismo tiene que garantizar que el sistema opere a una velocidad que satisfaga el ancho de banda disponible tanto para un sistema analógico como para uno digital. Además, la señal que llega al receptor debe tener el nivel mínimo adecuado como para asegurar que la señal recuperada sea exactamente la misma que la emitida en el transmisor.

Para lograr el cumplimiento de estos requerimientos, el proceso de cálculo del sistema se apoya en el cálculo por atenuación o análisis a partir del balance de las potencias (balance energético), teniendo en cuenta la dispersión del sistema o análisis desde el punto de vista de los tiempos de crecimiento.

Los parámetros iniciales que se deben conocer en el momento de encarar el diseño del sistema que se desea implementar son: el tipo de señal a transmitir (Vídeo, Telefonía, Datos), el Ancho de banda (Bw), la tasa de error de bits (BER) o relación señal - ruido (S/R), la longitud del enlace en Km y las condiciones ambientales del tendido (exterior o interior).

En el diseño se deben tener en cuenta las pérdidas que son introducidas por todos los elementos de la red, adicionalmente, se debe considerar un margen de seguridad, que abarca pérdidas que pueden presentarse por diversas causas y que no son predecibles.

Se pudo comprobar que la ONU más alejada de la OLT se encuentra a 1491.2 m, de acuerdo con las Tablas IV-XXII, IV-XXIII y IV-XXIV, esta distancia está dentro del rango de alcance de la OLT que es 20Km por lo que no será tan alta la potencia de la ráfaga que se debe enviar, sin embargo hay que considerar que las ONUs más cercanas necesitarán menor potencia para no saturar su fotodiodo. En la actualidad se ha logrado que en los equipos se integre y simplifique el trabajo con ráfagas de diferente nivel de potencia. Las pérdidas a considerar son:

a) Atenuación ocasionada por la fibra en función de la distancia, a la que denominaremos A_f . El cable de fibra a utilizarse, será el que cumple con la norma G.652D cuyas características se mencionan en el Anexo A, se tienen los siguientes

valores de atenuación, a partir de los cuales se realizan los cálculos de las pérdidas para el cliente más alejado, como para el cliente más cercano de la OLT:

- Cliente más alejado de la OLT:

$$\text{Para } 1330 \text{ nm: } A_f = 1,4912 \text{ Km} * 0,37 \text{ dB/Km}$$

$$A_f = 0,552 \text{ dB}$$

$$\text{Para } 1550 \text{ nm: } A_f = 1,4912 \text{ Km} * 0,24 \text{ dB/Km}$$

$$A_f = 0,358 \text{ dB}$$

- Cliente más cercano de la OLT:

$$\text{Para } 1330 \text{ nm: } A_f = 0,1043 \text{ Km} * 0,37 \text{ dB/Km}$$

$$A_f = 0,039 \text{ dB}$$

$$\text{Para } 1550 \text{ nm: } A_f = 0,1043 \text{ Km} * 0,24 \text{ dB/Km}$$

$$A_f = 0,025 \text{ dB}$$

b) Atenuación debida a los conectores, se utilizará un conector a la salida de la OLT, dos conectores por cada *splitter* (entrada y salida) y un conector adicional con el que se llega a la ONU teniendo un total de 3 y 5 conectores para cada enlace dependiendo el caso.

Un tipo de conector adecuado para redes FTTX es el conector LC que presenta una atenuación típica menor o igual a 0.12 dB y un valor máximo de atenuación de 0.3.

Las pérdidas producidas por los conectores se calcularán tomando en cuenta el valor máximo de atenuación:

- $P_{c1} = 0.3 \text{ dB} * 3$

$$P_{c1} = 0,9 \text{ dB}$$

- $P_{c2} = 0.3 \text{ dB} * 5$

$$P_{c2} = 1,5 \text{ dB}$$

c) Atenuación debida a los splitters Ps:

Por lo que expuesto en el capítulo II, se tomarán en cuenta los siguientes valores de acuerdo con el *splitter* utilizado:

Splitter Primario: 10,3 dB

Splitter Secundario1: 10,3 dB y *Splitter Secundario2*: 7,5 dB

$$P_{st1} = 10,3dB + 7,5 dB$$

$$P_{st1} = 17,8 dB$$

$$P_{st2} = 10,3dB + 10,3 dB$$

$$P_{st2} = 20,6 dB$$

$$P_{st3} = 10,3 dB$$

d) Atenuación debida a los empalmes: La atenuación introducida por cada empalme si se realiza por fusión es aproximadamente de 0,1 dB

- Cliente más alejado de la OLT:

$$A_e = \text{Num empalmes} * \text{Atenuación por empalme dB}$$

$$A_e = 4 * 0.1 dB$$

$$A_e = 0,4 dB$$

- Cliente más cercano de la OLT:

$$A_e = 2 * 0,1 dB$$

$$A_e = 0,2 dB$$

e) Atenuación debida al tendido de cobre: Para la factibilidad del diseño, este parámetro no es considerado, ya que de acuerdo con la tecnología utilizada, se garantizan los valores de velocidad establecidos por VDSL2, los problemas en cuanto a este tipo de atenuación se presentarán cuando el abonado se encuentre a una distancia mayor de 300m.

El margen de seguridad (M_s) permite garantizar el enlace por atenuación cuando este aumenta por los empalmes de mantenimiento y degradaciones de los conectores, las variaciones de los parámetros de transmisión por factores ambientales, el envejecimiento de los componentes del sistema en específico (el emisor que puede llegar a ser significativo) y los nuevos requisitos futuros que no existen en el momento de la planificación inicial. Un valor apropiado es 3 dB.

f) Atenuación Total $At = A_f + P_c + P_{st} + A_e + M_s$)

Donde:

A_f = Atenuación debida a la fibra óptica

P_c = Perdida inducida por los conectores

P_{st} = Perdida por dos niveles de splitters

A_e = Atenuación debida a los empalmes

M_s = Margen de seguridad

- Cliente más alejado

$$At = A_f + P_{c2} + P_{st1} + A_e + M_s$$

$$At = 0,552 \text{ dB} + 1,5 \text{ dB} + 17,8 \text{ dB} + 0,4 \text{ dB} + 3 \text{ dB}$$

$$At = 23,252 \text{ dB (a } 1330 \text{ nm)}$$

$$At = 23,058 \text{ dB (a } 1550 \text{ nm)}$$

- Cliente más cercano:

$$At = A_f + P_{c1} + P_{st3} + A_e + M_2$$

$$At = 0,039 \text{ dB} + 0,9 \text{ dB} + 10,3 \text{ dB} + 0,2 \text{ dB} + 3 \text{ dB}$$

$$At = 14,439 \text{ dB (a } 1330 \text{ nm)}$$

$$At = 14,425 \text{ dB (a } 1550 \text{ nm)}$$

Realizando el análisis a partir de la fórmula concebida para el balance energético, la cual de forma general, se puede expresar:

$$P_m = P_t - P_r \geq At$$

Donde: P_m es el margen de potencia en dB, P_t es la potencia de salida del transmisor en dBm y P_r es la sensibilidad del receptor en dBm. At es la atenuación total máxima permisible del enlace en dB.

Si se considera los datos anteriormente mencionados e incluyendo una pérdida de inserción (P_i) de 1 dB y un margen de seguridad de 3 dB, aplicando la fórmula de la atenuación total se obtiene una atenuación total de 23,058 dB para el cliente más alejado. Teniendo en cuenta los datos del fabricante del equipamiento OLT ALCATEL-LUCENT 7342 referente a la potencia del transmisor (P_t) la cual oscila de 1,5 dBm a 5 dBm y la sensibilidad del receptor (P_r) que es de -28 dBm, empleando la ecuación del balance energético se obtendría un margen de potencia (P_m) de 29,5 dB siendo superior al valor de atenuación total que va a tener el enlace y por lo tanto garantizando su implementación.

4.6 COSTO- BENEFICIO DEL PROYECTO

En la Tabla IV-XXV se indican los precios referenciales de los equipos necesarios para la implementación de la red GPON. Partiendo desde el AMG-UNACH que es un punto clave en la etapa de diseño, ya que es aquí donde se concentran los datos y se produce la conversión para adaptarlos y ser transportados hacia el cliente, aquí se encuentra la OLT, equipo que sirve de interfaz entre la red de acceso y la red de distribución. Básicamente debe cumplir los requerimientos de nuestro diseño que permiten discriminar a las distintas marcas que ofertan este tipo de productos.

Tabla IV-XXV: Análisis de costos de equipos y accesorios.

PRECIOS REFERENCIALES					
ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
1	Fibra Óptica G652D 12 hilos Monomodo	M	4500	2.42	10890
2	Equipo OLT(Tarjetas GPON)	U	1	36301	36301
3	Equipo ONU Outdoor	U	13	475	6175
5	Splitter 1:4 GPON	U	3	210	630
6	Splitter 1:8 GPON	U	1	230	230
7	ODF de 12 puertos FC/PC con accesorios de empalme por fusión	U	1	650	650
8	Cajas de empalme	U	18	9.20	156.40
9	CabinetSplitter Principal	U	1	850	850
10	Costo Instalación Fibra Optica/m	M	4500	0.40	1800
11	EDFA	U	1	3580	3580
TOTAL 61352.40					

El costo–beneficio aproximado que obtendrá la Corporación Nacional de Telecomunicaciones E.P. viene dado por el número de usuarios que van a utilizar la red de acceso y el costo mensual que se cobrará a cada uno de ellos, a esto se le restaría el costo de mantenimiento que se le dará a dicha red; esto se detalla a continuación en las *Tablas IV-XXVI y IV-XXVII*.

Tabla IV-XXVI: Ingresos Mensuales.

Número de Abonados	Costo mensual del servicio	Ingreso Mensual	Costo mensual de Mantenimiento	Ingreso Mensual
368	\$30.00	\$11040.00	\$720.00	\$10320.00

Tabla IV-XXVII: Costo- Beneficio y recuperación de la inversión.

Número de Abonados	Ingreso Anual	Costo Total de la Red de Acceso	Beneficio Primer año
368	\$123840.00	\$61352.40	62487.60

Por lo tanto, el ingreso total menos el costo de mantenimiento nos da un ingreso mensual de la red de acceso, y al dividir el costo total de la red para el ingreso mensual nos da un valor de 6 meses aproximados en los cuales se recuperaría la inversión hecha en este proyecto.

CAPITULO V

PRUEBAS Y RESULTADOS

5.1 Herramienta Simulación

La herramienta utilizada para realizar la simulación en este estudio fue OptiSystem 10.0 de Otiwave Systems Inc. en su versión de prueba.

Se realizó la siguiente simulación de una parte más cercana a la operación real con un enlace de GPON de 2.5 Gbps downstream y 1.25Gbps upstream de la OLT hasta la ONU. Se consideró sólo una fibra óptica para llevar la señal en ambas direcciones.

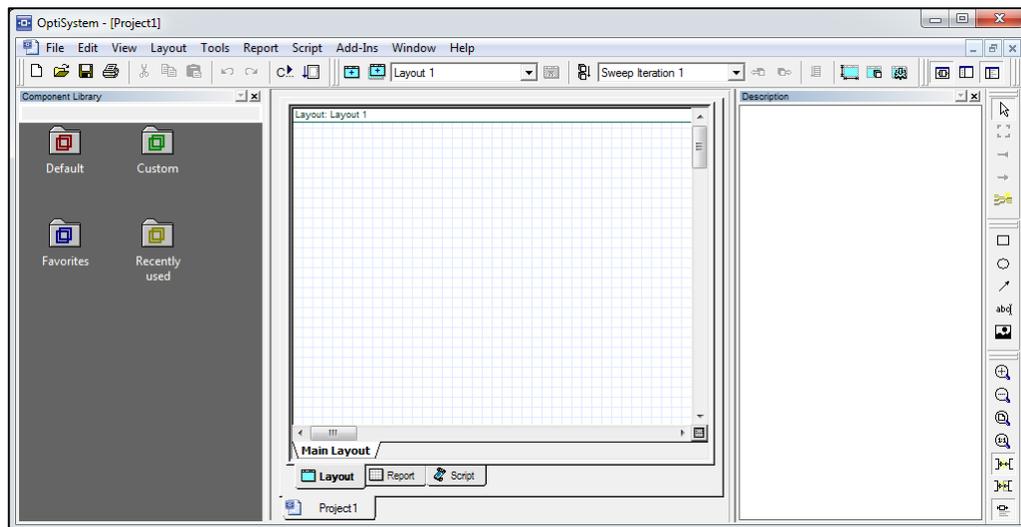
5.1.1 Descripción de la herramienta

El Optisystem 10.0 es un innovador paquete de simulación de sistemas de comunicaciones ópticas, donde se puede diseñar, probar y optimizar cualquier tipo de enlace de fibra óptica en la capa física. La aplicación no requiere de simulación de otras estructuras. Tiene un potente entorno para la simulación y una verdadera definición jerárquica de componentes y sistemas. Su capacidad se puede ampliar fácilmente añadiendo nuevos componentes creados.

Contiene una interfaz gráfica en el que el control de las capas de componentes ópticos, modelo de componentes y presentación grafica como se puede ver en la (Figura V-41). Tiene una amplia biblioteca de componentes tanto activos como pasivos, incluyen varios parámetros realistas que dependen de características como la longitud de onda de la luz.

A continuación las ventajas en el uso de la herramienta:
Permite crear y probar prototipos rápidamente.

- Análisis de rendimiento de un sistema óptico.
- Una amplia caracterización del nivel de los datos de un sistema.
- Optimización de los parámetros.
- Representación visual de las opciones de diseño y los escenarios para presentar clientes potenciales.



FiguraV-41: Interfaz gráfica de OptiSystem

La aplicación permite hacer un diseño virtual de cualquier tipo de conexión óptica en la capa física, y el análisis de una amplia gama de redes ópticas, de los sistemas más sencillos de transmisión a larga distancia. El software puede ser utilizado en las siguientes aplicaciones:

- Diseño de las redes de CATV o TDM/ WDM.
- Redes ópticas pasivas basadas en FTTx.
- Sistemas Free Space Optic (FSO).

- Sistemas Radio Over Fiber (ORP).
- Diseño de anillo SONET / SDH.
- Diseño de transmisores, canales, amplificadores y receptores.
- Diseño de un mapa dispersión.
- Estimación del BER en sistemas con modelos de receptores diferentes.
- Sistema amplificado BER y cálculos de link budget.

5.2 Simulación

La simulación es una herramienta fundamental para comprobar el funcionamiento del diseño de una red antes de su implementación. En el proyecto se utilizó el Optisystems 10.0 para simular el diseño de la red de acceso GPON propuesta en el capítulo, y con el fin de comprobar el funcionamiento de la misma.

La red a simular se observa en el Anexo C. En la red propuesta existen varios elementos a señalar entre los que se destacan la OLT, las ONU's, el splitter y el cable de fibra óptica.

A continuación se muestran los parámetros del OLT de la red.

5.2.1 OLT

Según lo visto en el capítulo IV acerca de los parámetros del OLT, es necesario tener en cuenta para la simulación los valores de potencia y la longitud de onda para la transmisión de canal descendente (1490nm y 1510nm) entre otros. Lo anteriormente explicado se puede observar en la Figura V-42 y V-43 en la cual se muestran los parámetros para la transmisión a 1490nm y 1510nm respectivamente.

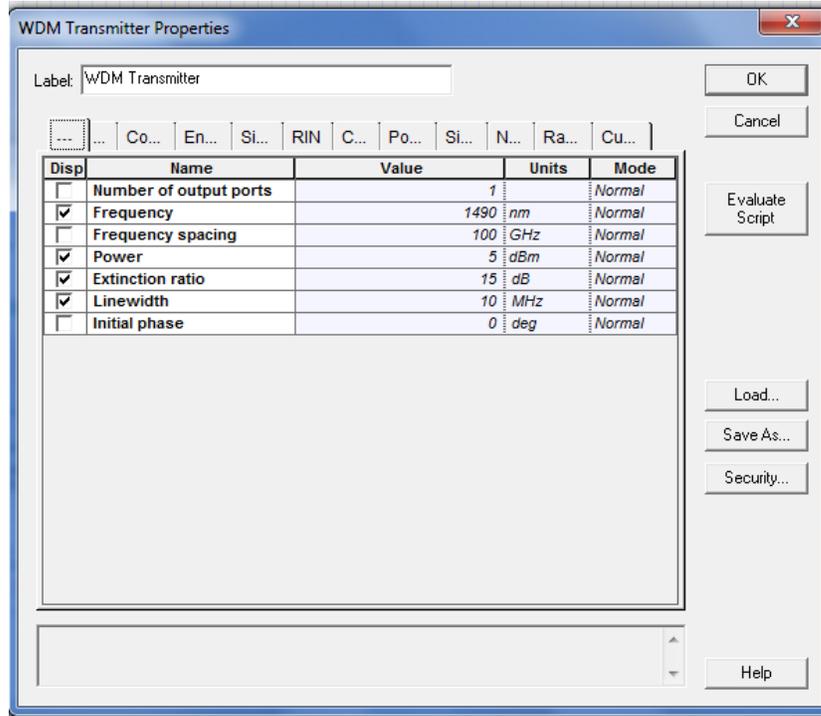


Figura V-42: Parámetros para la transmisión a 1490nm.

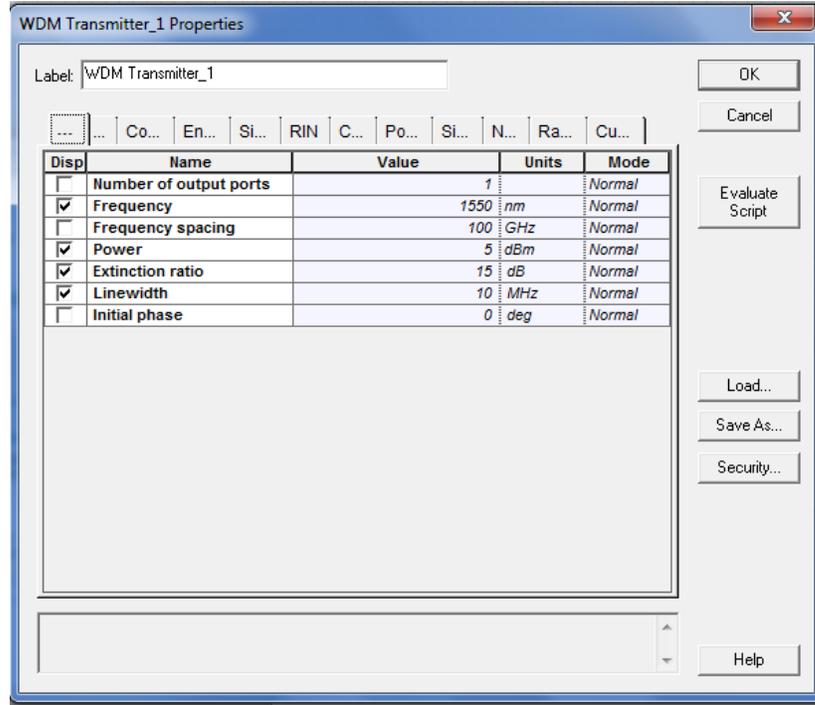


Figura V-44: Parámetros para la transmisión a 1550nm.

5.2.2. ONU

En el diseño de esta red se tuvo en cuenta 1 ONU que se encuentran a 1.5 km de la OLT con el fin de analizar el caso extremo del enlace. La Figura V-44 muestra las características fundamentales de la ONU, teniendo en cuenta los datos de los fabricantes.

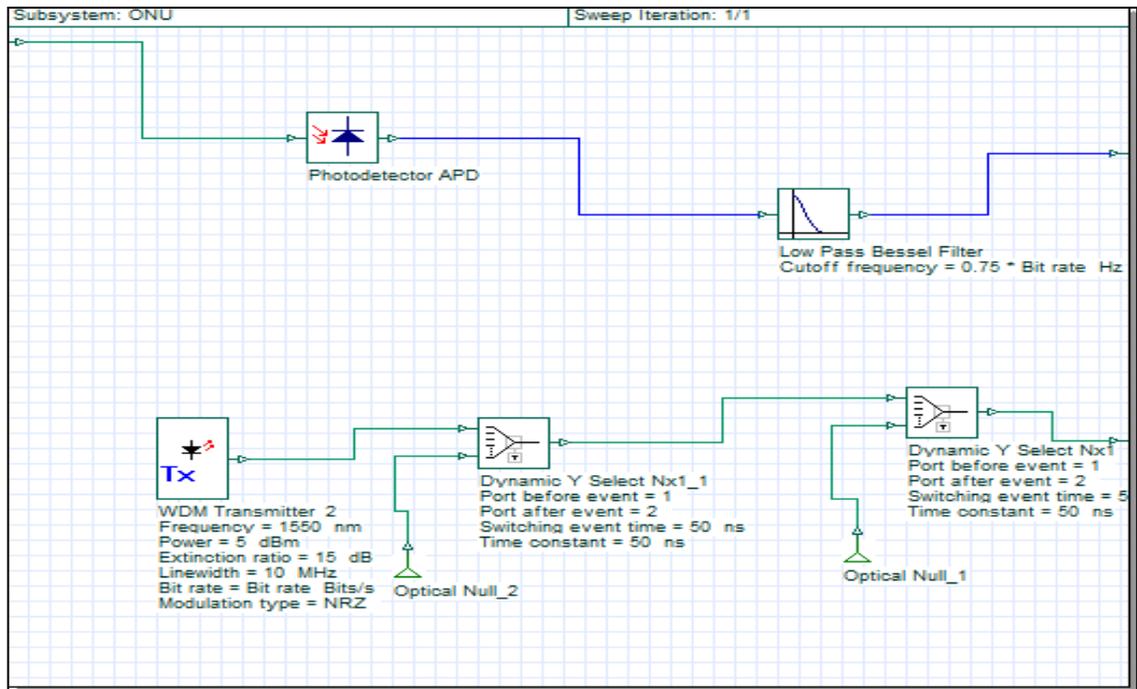


Figura V-44: Parámetros de la ONU

5.2.3 Splitter

El Optisystems 10.0 permite introducir los valores correspondientes del splitter teniendo en cuenta varios datos significativos tales como la razón de split, los valores de atenuación entre otros (Figura V-45).

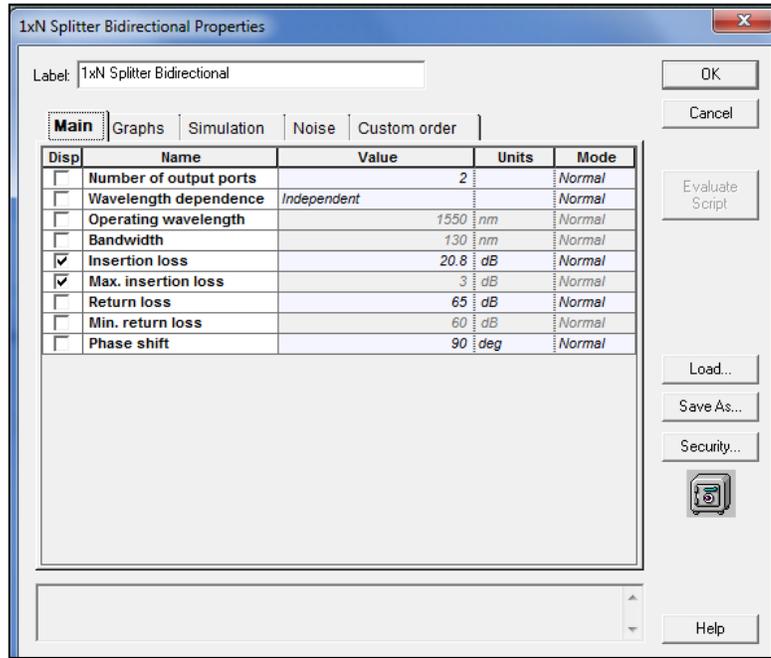


Figura V-45: Parámetros del Splitter.

5.2.4 Cable

Igualmente, el Optisystems 10.0 permite introducir los datos correspondientes del cable de fibra óptica que se desea utilizar teniendo en cuenta varios datos significativos tales como la atenuación del cable, los valores de dispersión cromática, la ventana de trabajo, si la fibra es monomodo o multimodo, el PMD(Polarization Mode Dispersion) dependiente del medio físico entre otros (Figura V-46).

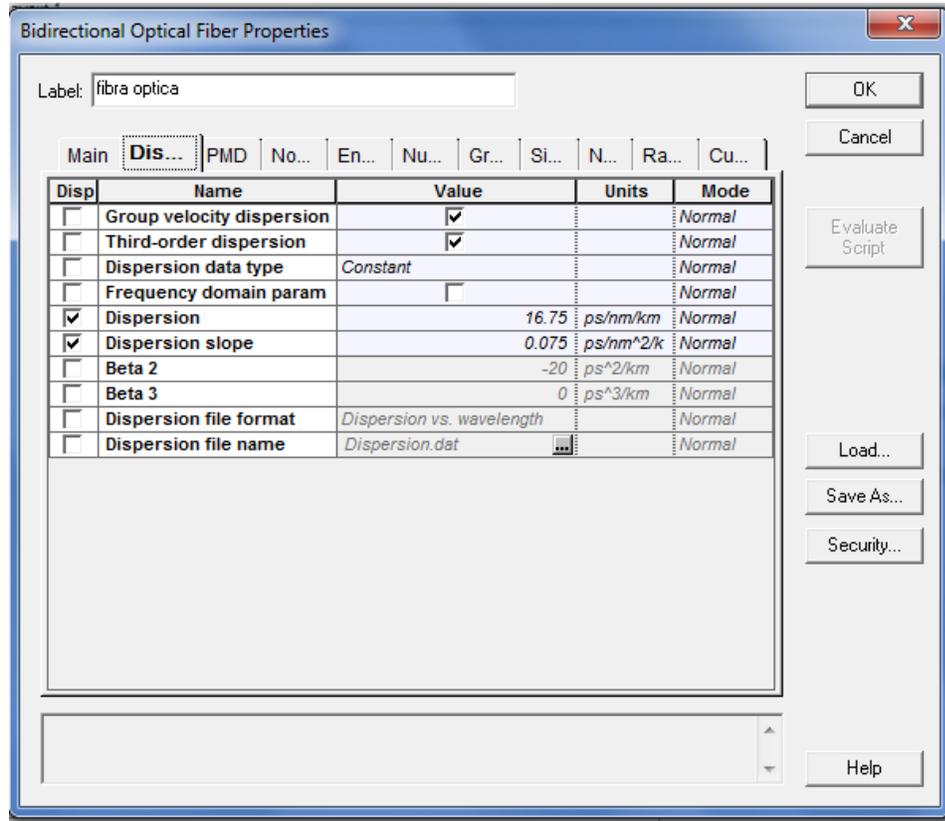


Figura V-46: Parámetros del cable de fibra óptica

5.2.5 Resultados de la simulación

Con este simulador se pueden medir varios parámetros de interés. En este proyecto se hace énfasis en el análisis del BER (Bit Error Rate), a través del diagrama de ojo, por ser el indicador principal que garantiza la calidad del enlace. Las Figura V-48, V-49 muestran el diagrama de ojo del OLT y la ONU respectivamente. En el Anexo D se podrá observar una explicación más detallada de los procedimientos del diagrama de ojo.

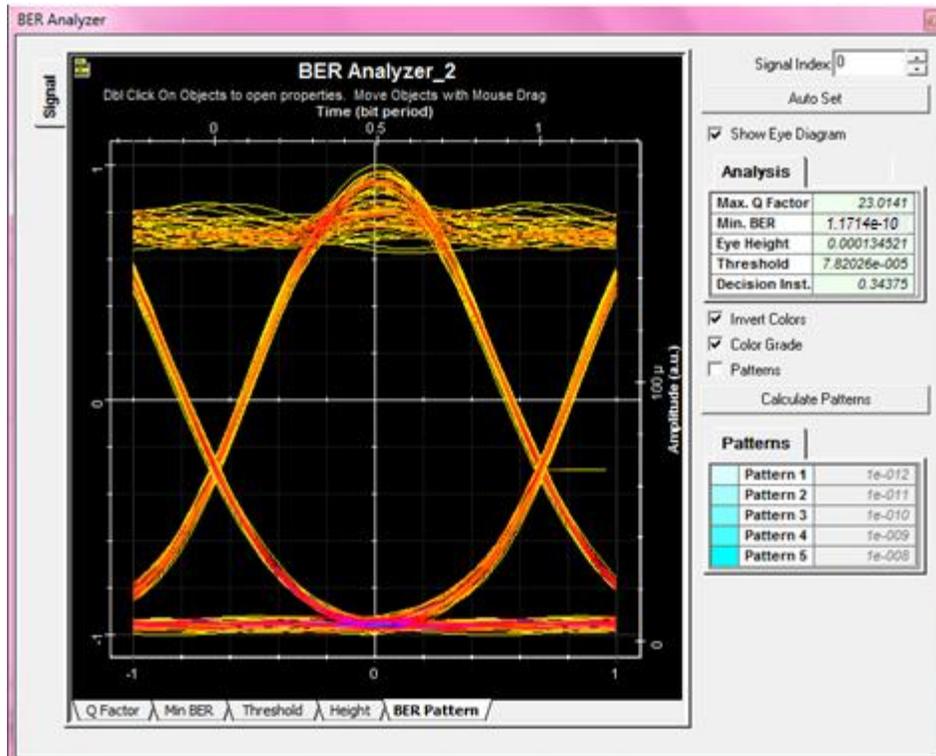


Figura V-47: Diagrama de ojo de la OLT.

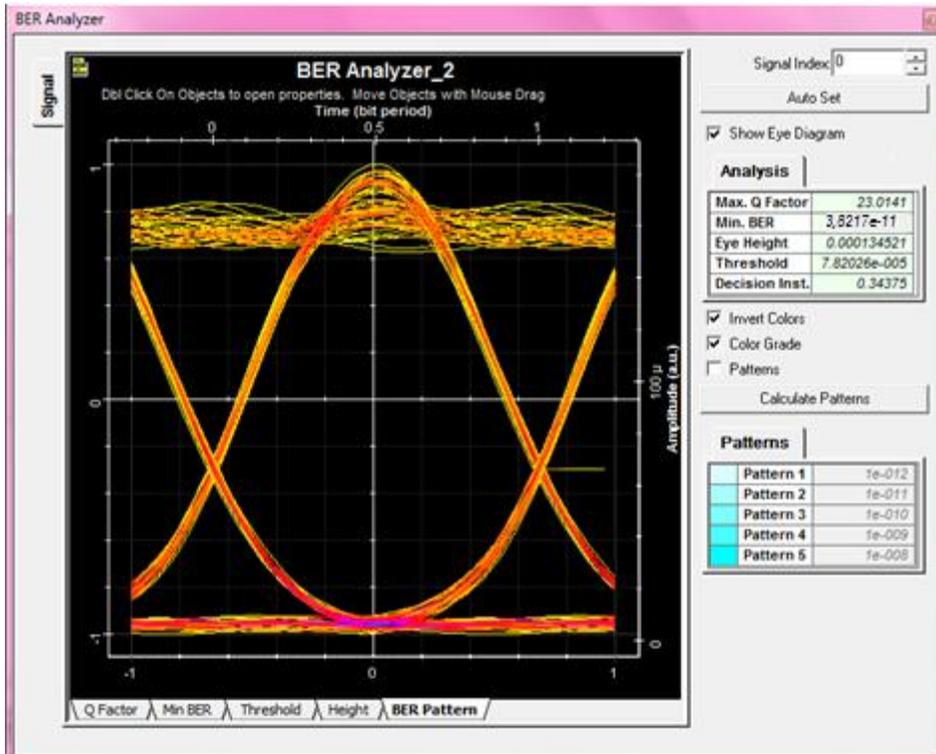


Figura V-48: Diagrama de ojo de la ONU.

En el documento T-REC-G.984.2 del Anexo E los valores óptimos de los límites del diagrama de ojo para una velocidad de transferencia de 1,25G bps.

Con esta simulación, hemos tratado de analizar y simular el equilibrio de poder y compararlo con el valor teórico obtenido en el mismo y obtener el diagrama de ojo normal, tal como figura en las tablas de la norma G.984 del Anexo E.

Se concluyó que, después de todos los cálculos y todas las decisiones tomadas, el sistema es realizable, ya que, como se mencionó anteriormente tendría que ser lo suficientemente ligero para viajar por todo el camino. Si fuera negativa sería una revisión de los cálculos mediante la introducción de nuevos transmisores y receptores han sido o que podría cambiar la topología del proyecto.

La ejecución de la simulación permite el análisis del diagrama de ojo, el BER velocidad de visualización y la señal a través del bloque de analizador espectral más allá de los valores de equilibrio potencia. Los datos obtenidos a partir del equilibrio de energía están dentro de los valores esperados, confirmando la teoría hecha, y observando el equilibrio de poder de 28 dB, según lo solicitado por el estándar G.984.

El BER tasa obtenida está dentro de los valores esperados, o los valores que serían menor de un BER de 1×10^{-10} . Y el valor más alto obtenido fue de $3,82 \times 10^{-11}$.

Por lo tanto se concluye que el diseño de la red de acceso es factible de implementar.

CAPITULO VI

COMPROBACION DE LA HIPÓTESIS

6.1 SISTEMA HIPOTÉTICO

En este capítulo se busca comparar datos del diseño para comprobar la fiabilidad del proyecto, de esta manera en esta sección se valorará de manera cualitativa los datos del enlace para más tarde comprobar la hipótesis mediante el método de chi cuadrado en base a la variable independiente, dependiente y a sus respectivos indicadores.

6.2 HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

El estudio y diseño de la red de acceso GPON para los servicios de telecomunicaciones triple play, a través de fibra óptica en el sector oriental de la ciudad de Riobamba, dotará a la CNT E.P de una documentación para su futura implementación con el consecuente beneficio para los usuarios y la empresa.

6.2.1 OPERATIVIDAD DE LAS VARIABLES

En la tabla VI-XXIX se presenta la operatividad conceptual de las variables, las mismas que se han identificado de acuerdo a la hipótesis:

Tabla VI-XXVIII: Operatividad conceptual de las variables.

VARIABLE	TIPO	DEFINICIÓN
V1. Análisis de la tecnología GPON	Independiente	Estudio de los diferentes tecnologías: APON, BPON, EPON, GPON.
V2. Fiabilidad del enlace	Dependiente	Se refiere a la calidad del enlace en la transmisión entre los equipos ONT y ONU.

6.2.2 OPERATIVIDAD METODOLÓGICA

En las tablas VI-XXIX, VI-XXX se presenta la operatividad metodológica de las variables.

Tabla VI-XXIX: Operatividad Metodológica de la variable independiente

Variables	Categoría	Indicadores	Técnicas	Fuente de Verificación
V1. Independiente Análisis de la tecnología GPON	Compleja	I1. Evolución de la tecnología GPON I2. Capacidad de la tecnología GPON	Observación Razonamiento Recopilación de información Análisis Lectura científica	Información bibliográfica (Libros, Internet, Tesis)

Tabla VI-XXX: Operatividad Metodológica de la variable dependiente Fiabilidad del Enlace.

Variable	Categoría	Indicadores	Técnica	Fuente de Verificación
V2. Dependiente Fiabilidad del enlace	Compleja	I3. Atenuación I4. Tasa de error de bit(BER)	Análisis Pruebas Resultados de la simulación Conclusiones	Cálculos matemáticos Simulación OPTISYSTEM 10.0

6.3 DESCRIPCIÓN DE LAS VARIABLES Y SUS RESPECTIVOS INDICADORES

Para el estudio se determinaron varios indicadores que servirán de base para comprobar la hipótesis planteada

6.3.1 V1. VARIABLE INDEPENDIENTE: Análisis de la tecnología GPON

INDICADORES

I1. Evolución de la tecnología GPON

GPON tienen la estructura básica de una red PON, es decir, elementos activos en los extremos de la red y elementos pasivos que transmiten y reparten la señal desde la central hasta cada una de las casas de los abonados.

I2. Capacidad de la tecnología GPON

La capacidad de ancho de banda de la tecnología GPON, frente a las tecnologías que le preceden es mucho mayor.

6.3.2 V2. VARIABLE DEPENDIENTE: Fiabilidad del enlace

INDICADORES

13. Atenuación

A partir del análisis del balance energético dependiendo de la potencia del equipo transmisor, margen de seguridad y atenuación total podemos garantizar la implementación del diseño propuesto. Teniendo en cuenta todos los factores que pueden causar atenuación en el enlace.

14. Tasa de error de bit (BER)

El análisis del BER (Tasa de error de bit), a través del diagrama de ojo, es el indicador principal que garantiza la calidad del enlace.

6.4 ESTUDIO COMPARATIVO

Las variables serán comparados en base a sus características mediante cuadros comparativos, de esta manera se los califica cualitativamente en base a criterio del autor basándose en los resultados obtenidos en la simulación OPTISYSTEM 10.0 junto con la información teórica de la tecnología GPON, de esta manera se consigue interpretar objetivamente los resultados que se pueden extraer en base a la simulación.

6.4.1. ESTUDIO COMPARATIVO DE LA VARIABLE INDEPENDIENTE

Para la valoración cualitativa de los indicadores de la variable independiente se utilizará la siguiente escala:(Tabla VI-XXXI).

Tabla VI-XXXI: Indicadores de las variables

0	Muy deficiente
1	Deficiente
2	Regular
3	Medio
4	Bueno

5 en adelante	Muy bueno
----------------------	-----------

INDICADOR 1. Evolución de la tecnología GPON

En dependencia al escenario de estudio se compara las tecnologías PON que aparecieron antes que GPON para determinar cuál es la más adecuada. (Tabla VI-XXXII)

Tabla VI-XXXII: Evolución de la tecnología GPON.

	FACTIBLE	NO FACTIBLE
GPON	8	1
EPON	3	3
BPON	2	5

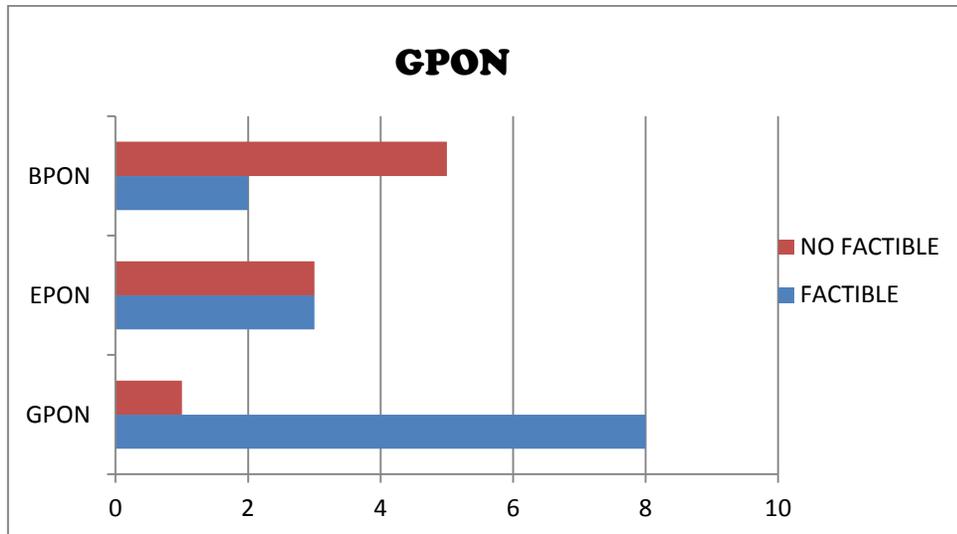


Figura VI-49: Evolución de la tecnología.

INTERPRETACIÓN

La opción que mejor se acopla es GPON(Figura VI-49), por su tecnología que es mucho mejor a las anteriores y porque la demanda determina una mayor necesidad de servicios triple play de gran necesidad para los posibles abonados; EPON tiene muchas limitaciones por lo que cual no es factible, y BPON se encuentra ya obsoleta.

INDICADOR 2. Capacidad de la tecnología GPON

De acuerdo a la capacidad de ancho de banda que ofrece la tecnología y las características del escenario de estudio se determina cual es la más adecuada.. (Tabla VI-XXXIII).

Tabla VI-XXXIII: Servicios que puede ofrecer la tecnología GPON

	FACTIBLE	NO FACTIBLE
GPON	7	1
EPON	4	2
BPON	2	4

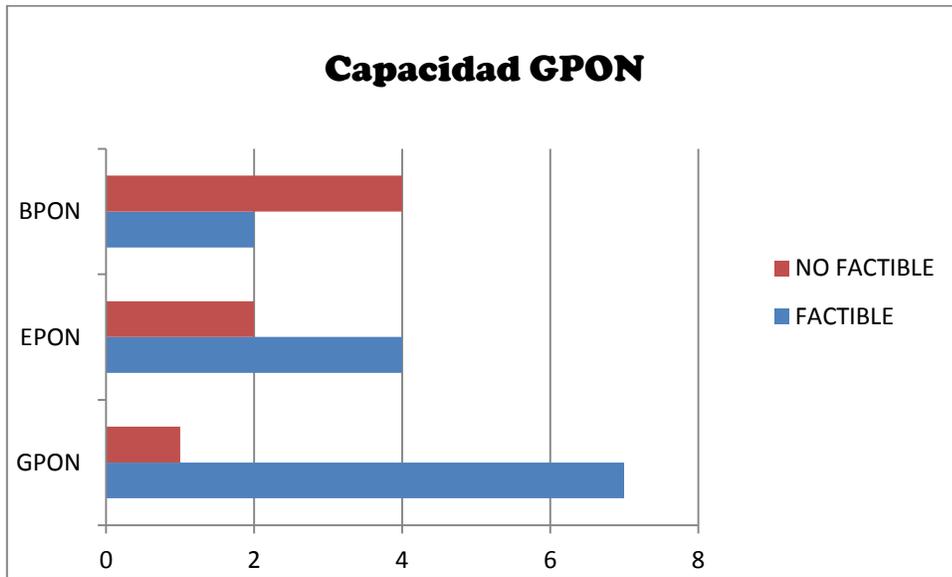


Figura VI-50: Capacidad de la tecnología GPON.

INTERPRETACIÓN

En conclusión GPON sería la tecnología(Figura VI-50) que brinda un mayor ancho de banda, y por lo tanto permitirá proveer el servicio triple play sin problemas.

6.4.1.1 TABLA DE RESUMEN DE LA VARIABLE INDEPENDIENTE

V1. Análisis de la tecnología GPON	PARÁMETROS	FACTIBLE	NO FACTIBLE
I1. Evolución GPON	GPON	8	1
	EPON	3	3
	BPON	2	5
I2.Capacidad GPON	GPON	7	1
	EPON	4	2
	BPON	2	4
TOTAL		26	16

Se puede observar en la Tabla VI-XXXIV que la tecnología GPON es la que describe un mejor desempeño para el sector de estudio a comparación con las otras dos.

6.4.2 ESTUDIO COMPARATIVO DE LA VARIABLE DEPENDIENTE FIABILIDAD DEL ENLACE

INDICADOR 3. ATENUACION

Se determina si la atenuación del medio es apropiada para el diseño propuesto.

Tabla VI-XXXV: Atenuación total del enlace.

	FACTIBLE	NO FACTIBLE
ATENUACION TOTAL DEL ENLACE	7	3
BALANCE DE POTENCIAS	6	2

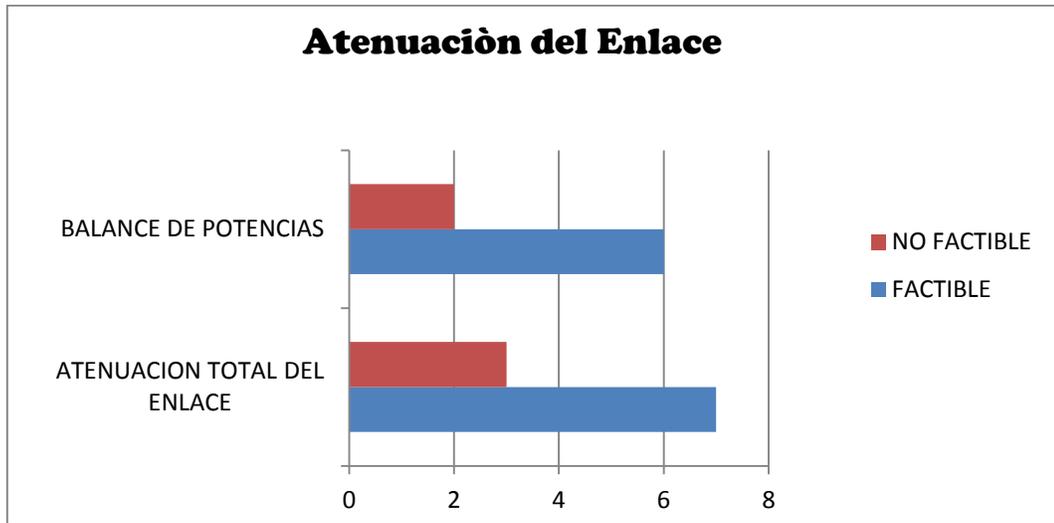


Figura VI-51: Atenuación del enlace.

La potencia del equipo transmisor es mayor que la atenuación total por lo tanto es factible realizar la implementación. (Figura VI-51)

INDICADOR 4. BER(TASA DE ERROR DE BIT)

Se determina si la tasa de error de bit, BER se encuentra dentro de los valores especificados en la ITU-T para garantizar la calidad del enlace .(Tabla VI-XXXVI)

Tabla VI-XXXVI: Valor de la Tasa de error de bit.

	FACTIBLE	NO FACTIBLE
Tasa de error de bit(BER) aceptable	7	2

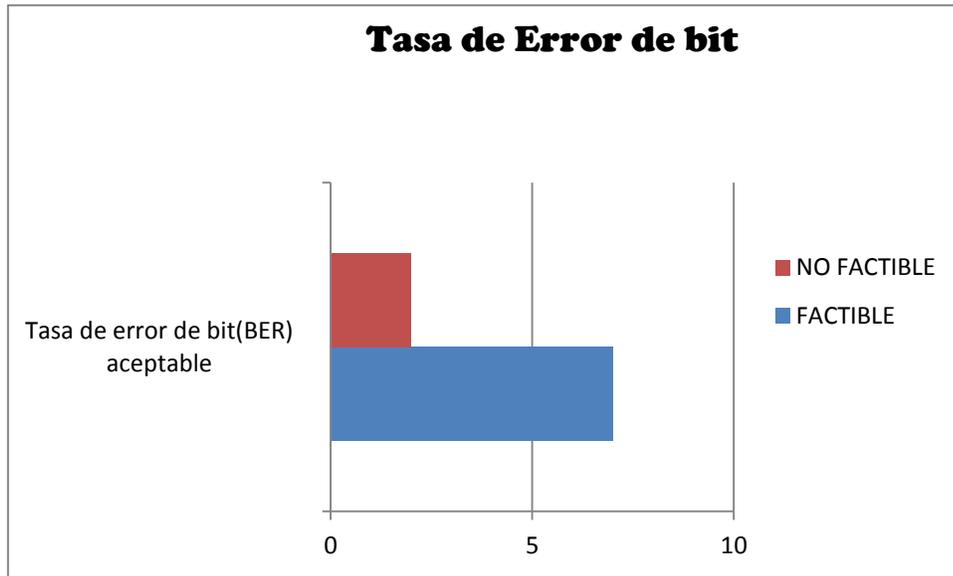


Figura VI-52: Factibilidad con el parámetro BER.

La simulación nos demuestra que si es posible realizar la implementación del diseño planteado.

6.4.2.1 TABLA DE RESUMEN DE LA VARIABLE DEPENDIENTE FIABILIDAD DEL ENLACE

Tabla VI-XXXVII: Resumen de la variable dependiente Fiabilidad del enlace.

V2. Fiabilidad del enlace	PARÁMETROS	FACTIBLE	NO FACTIBLE
I3. Atenuación total del enlace	ATENUACION TOTAL DEL ENLACE	7	3
	BALANCE DE POTENCIAS	6	2
I4.Tasa de Error de Bit(BER)	Tasa de error de bit(BER) aceptable	7	2
TOTAL		20	7

Con la tabla anterior determina que los valores calculados de potencia, atenuación total son adecuados para la realización del diseño propuesto y la tasa de error de bit BER obtenida en la simulación es aceptable para la fiabilidad del enlace.

6.5 COMPROBACIÓN DE LA HIPOTESIS

Para la comprobación de la hipótesis planteada se debe calcular el estadístico Chi Cuadrado utilizando los datos que se obtuvo en el análisis de la tecnología GPON mediante análisis cuantitativos y cualitativos, mediante la simulación con OPTISYSTEM 10.0 y análisis de información teórica.

Hipótesis para chi cuadrado:

Hi: hipótesis de la investigación

Ho: hipótesis nula

Hi: A través de un análisis de la tecnología GPON, se podrá obtener las condiciones técnicas, económicas y demográficas para el diseño de la red de telecomunicaciones que permitirá dar el servicio de triple play al nodo AMG- UNACH del sector oriental de la ciudad de Riobamba.

Ho: A través de un análisis de la tecnología GPON, se podrá obtener las condiciones técnicas, económicas y demográficas para el diseño de la red de telecomunicaciones que no permitirá dar el servicio de triple play al nodo AMG- UNACH del sector oriental de la ciudad de Riobamba.

En la siguiente Tabla se puede observar los valores de las variables estimadas en el estudio para nuestro proyecto.

Variable independiente: Análisis de la tecnología GPON.

Variables dependiente: Fiabilidad del enlace.

Tabla VI-XXXVIII: Variables dependientes.

Análisis de la tecnología GPON	Indicadores	FACTIBLE	NO FACTIBLE
Análisis de la tecnología GPON	I1	13	9
	I2	13	7
Fiabilidad del enlace	I3	13	5
	I4	7	2
Total		46	23

6.5.1 Frecuencias Observadas

Las frecuencias observadas se encuentran sumando los indicadores de la variable dependiente.

Tabla VI-XXXIX: Frecuencias observadas.

	FACTIBLE	NO FACTIBLE	Sumatoria de cada variable
Fiabilidad del enlace	20	7	27
Total	20	7	27

6.5.2 Frecuencias Esperadas

Las frecuencias esperadas de cada celda, se calcula mediante la siguiente

$$f_e = \frac{(total_de_fila)(total_de_columna)}{N}$$

Donde N es el número total de frecuencias observadas

Tabla VI-XL: Frecuencias esperadas

	FACTIBLE	NO FACTIBLE	Sumatoria de cada variable
Fiabilidad del enlace	20	7	27
Total	20	7	27

Calculo de X^2 :

Para encontrar el valor de chi cuadrado se utiliza la siguiente fórmula

$$X^2 = \sum \frac{(O - E)^2}{E}$$

O: Frecuencia observada en cada celda

E: Frecuencia esperada en cada celda

Tabla VI-XLI: Cálculo de X^2

Observado(O)	Esperado(E)	(O-E)	(O-E)^2	{(O-E)^2/E}
5	20	-15	225	11,25
2	7	-5	25	3,571429
			$X^2 =$	14,821429

6.5.3 Grados de libertad:

Para poder realizar la comparación del resultado de chi cuadrado debemos encontrar los grados de libertad de nuestra tabla, para ello tenemos la siguiente fórmula:

$$Gl = (f - 1)(c - 1)$$

Donde:

r: es el número de filas de la tabla de contingencia

c: es el número de columnas de la tabla de contingencia

$$GI = (3-1) (4-1) \rightarrow GI = 6$$

De la tabla de distribución de X^2 , podemos decir que con un 95% de seguridad y con 6 grados de libertad el valor de crítico de chi cuadrado es 12,59.

Criterio de decisión

- Si X^2 calculado es mayor a X^2_{α} (Valor crítico) de la tabla de distribución se rechaza la hipótesis nula H_0 y por lo tanto se acepta la hipótesis de Investigación.
- Si X^2 calculado es menor a X^2_{α} (Valor crítico) de la tabla de distribución se acepta la hipótesis nula H_0 y por lo tanto se rechaza la hipótesis de Investigación.

Por lo tanto tenemos el siguiente resultado:

$$X^2 \text{ Calculado} = 14,82$$

$$X^2_{\alpha} \text{ (Valor crítico)} = 12,59$$

$$14,82 > 12,59$$

Por lo tanto: $X^2 > X^2_{\alpha}$ (Figura VI-53)

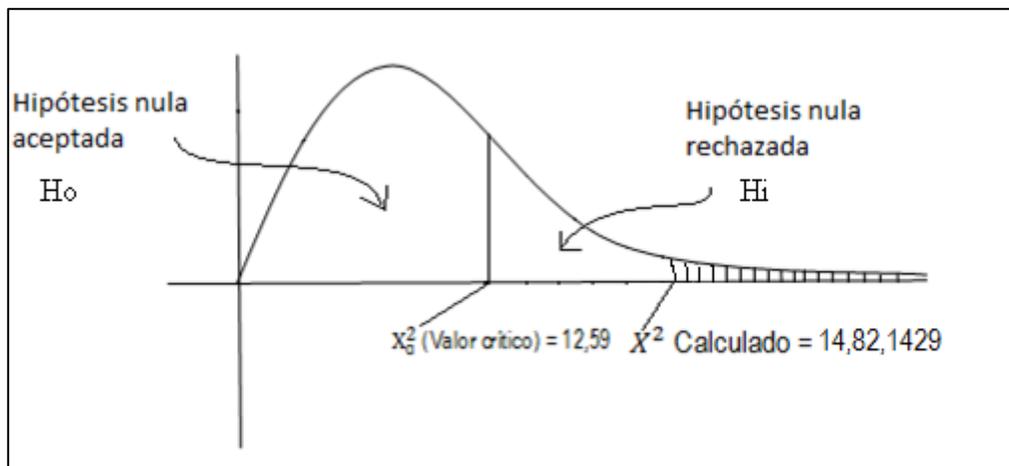


Figura VI-53: Gráfico chi cuadrado

De esta manera aceptamos la hipótesis de la investigación (Hi) que indica que a través de un análisis de la tecnología GPON, se podrá obtener las condiciones técnicas y económicas para el diseño de la red de telecomunicaciones que permitirá dar el servicio de triple play en el sector oriental de la ciudad de Riobamba, provincia de Chimborazo.

CONCLUSIONES

- Al disponer de la tecnología GPON que ofrece una alta velocidad y ancho de banda se dispone de los servicios de telefonía, internet y video.
- Para los usuarios es indiferente la infraestructura mediante la cual se le provea los servicios que solicitan, lo que requieren son mejores precios con una mayor calidad. Por este motivo el brindar Triple Play permite que el usuario pueda recibir los servicios de televisión por cable, Internet y telefonía sin la necesidad de instalar tres equipos finales o trabajar con tres proveedores diferentes.
- Una vez realizado el estudio de mercado con el resultado de la encuesta se determinó que existen un total de 368 posibles usuarios iniciales que requieren de la Tecnología GPON, dejando abierta la posibilidad para más usuarios a futuro, considerando una proyección de la demanda total de 588 en el año 5.
- Se tomó como referencia a una ciudad donde aún no se ha propuesto la prestación de paquetes Triple Play como es Riobamba y se determinó el estudio en el sector residencial. Para establecer un modelo de diseño de la red, se escogió un sector en el cual se puede encontrar clientes potenciales y además porque se cuenta con tecnología IP hasta cada uno de los Nodos.
- El uso de la arquitectura FTTN tiene el propósito fundamental de abaratar costos para los usuarios y además utilizar la tecnología y tendido de cobre existente.

- Mediante el análisis económico del proyecto para cinco años con un precio mensual de 30,00 por usuario residencial, se determina que el proyecto es factible, ya que se recupera en su totalidad la inversión realizada en poco tiempo.
- Los costos se han abaratado sustancialmente en virtud que la Corporación Nacional de Telecomunicaciones EP- Chimborazo cuenta con tendido de fibra óptica en el anillo metropolitano SDH, y en el sector oriental la tecnología en su totalidad es IP.
- Se ha tratado en lo posible de aprovechar la infraestructura que tiene la CNT implementada en cobre, razón por la cual se afirma que la tecnología VDSL2 es una de las mejores alternativas que permiten la utilización adecuada del cobre para ofrecer servicios que requieren una gran capacidad en ancho de banda.
- En este proyecto se consideró apropiado el uso de VDSL2 pues la ubicación final de los clientes no excede de 300m de los armarios ubicados en sectores estratégicos. La división del área seleccionada para el diseño en tres zonas que facilitaron en gran medida el diseño.

RECOMENDACIONES

- Se debería tener una correcta planificación acerca del crecimiento de los servicios de telecomunicaciones por parte de las diferentes operadoras debido a que se debe mejorar la calidad de servicio que se ofrece y para ello trabajar con arquitecturas FTTx, es la mejor opción para poder abastecer las redes de edificios, barrios ciudades y urbanizaciones.
- Se recomienda la utilización de la red GPON, debido a su gran ancho de banda, seguridad y principalmente bajo costo en los equipos; sin embargo, quedará como elección del diseñador seleccionar correctamente de acuerdo a las necesidades que se requiera satisfacer.
- Se recomienda aplicar e invertir en el presente proyecto ya que se lo considera rentable. Según los resultados obtenidos en la evaluación financiera el proyecto es viable.
- Por la necesidad que poseen los usuarios de servicio Triple Play, se recomienda a la Corporación Nacional de Telecomunicaciones EP- Chimborazo la implementación de la Tecnología GPON en el menor tiempo posible y a su vez considerar la ampliación de esta tecnología en una mayor área de cobertura.
- Para obtener datos reales de la estimación de la demanda se recomienda estratificar a la población de acuerdo a características comunes y elaborar encuestas fáciles de entender y no muy largas ya que la gente no tiene la predisposición de responderlas.

BIBLIOGRAFÍA GENERAL

- [1] **CAMPANNY**, José. y **ORTEGA**, Beatriz. Redes Ópticas. 2ª. ed. Valencia, España, Edisofer, 2002, Pp. 376-380.
- [2] **HERRERA**, Enrique. Introducción a las telecomunicaciones modernas. Madrid, España, Edisofer, 2002, 224p.
- [3] **PASTOR**, Daniel, “Sistema de Comunicaciones Ópticas”, 3ª. Ed. Editorial Universidad Politécnica de Valencia, 2002, Pp. 245-390.
- [4] **BLANCO**, Adolfo. Formulación y Evaluación de Proyectos. Madrid-España, Edisofer, 2005, 456p.

DOCUMENTOS PROPORCIONADOS POR LA CORPORACIÓN NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES

- [1] CORPORACION NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES (CNT EP). Manual Huawei Technologies Co., Ltd Colombia Training Center.2011/09/14, 180p.
- [2] CORPORACION NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES (CNT EP). Protecciones y Redes SDH.2009/06/08, 65p.

BIBLIOGRAFÍA INTERNET

- [1] [http://www.fibraopticahoy.com/despliegues-pon-passive-optical-networkpara-ftth/\(cap 2 introducc\)](http://www.fibraopticahoy.com/despliegues-pon-passive-optical-networkpara-ftth/(cap%20introducc)), 2011/04/02
- [2] <http://www.ftthforum.net/>, 2011/04/14
- [3] www.geocities.com/joravigo/comunicaciones.html, 2011/04/24
- [4] <http://www.ramonmillan.com/documentos/tripleplay.pdf>, 2011/04/26
- [5] [http:// www.monografias.com](http://www.monografias.com): “Tecnologías en las Redes de Acceso”,2011/04/28
- [6] <http://www.adslayuda.com/vdsl.html>, 2011/04/30
- [7] <http://www.cnt.com.ec/index.php> 2011/05 /04
- [8] <http://www.interactive.net.ec/> 2011/05/05

- [9] <http://www.grupotvcable.com.ec> 2011/05/08
- [10] <http://www.monografias.com/trabajos14/acceso-atm/acceso-atm2.shtml>
2011/05/10
- [11] <http://www.monografias.com/trabajos12/muestam/muestam.shtml> 2011/05/13
- [12] http://www.citel.oas.org/newsletter/2007/enero/multiservicio_e.asp 2011/05/16
- [13] http://es.wikipedia.org/wiki/Voz_sobre_Protocolo_de_Internet 2011/05/20
- [14] <http://www.adslayuda.com/vdsl.html> 2011/05/23
- [15] <http://www.ramonmillan.com> 2011/05/25
- [16] <http://www.cicomra.org.ar/cicomra2/expocomm/TUTORIAL9> Lattanzi y Graf-IEEE.pdf 2011/05/29

TESIS

- [1] Diana Patricia Pabón Taco. *“DISEÑO DE UNA RED DE ACCESO G-PON PARA PROVEER SERVICIOSTRIPLE PLAY (TV, INTERNET, TELEFONÍA) EN EL SECTOR DE “LA CAROLINA” A TRAVÉS DE LA RED DEL GRUPOTV CABLE”*. Enero 2009. Capítulo 1 y 2.
- [2] Cevallos Rojas Ramiro Alejandro Montalvo Y Espinosa Richard Ramiro. *“ESTUDIO Y DISEÑO DE UNA RED DE ÚLTIMA MILLA UTILIZANDO LA TECNOLOGÍA G-PON PARA EL SECTOR DEL NUEVO AEROPUERTO DE QUITO”*. Marzo 2010. Capitulo 3.
- [3] Sanguña Guevara Fernando Paul *“ESTUDIO TECNICO DE LA RED DE COMUNICACIONES PARA BRINDAR LOS SERVICIOS DE VOZ, INTERNET Y VIDEO POR DEMANDA DE UNA URBANIZACIÓN”*. Marzo 2010. Capítulo I y Capitulo II.

RESUMEN

Se realizó el Estudio y Diseño de una Red de Acceso Pasiva con Capacidad de Gigabit (GPON). La finalidad de la red es proveer de Servicios de Telecomunicaciones Triple Play (Voz, Video y Datos) en el Sector Oriental de la Ciudad de Riobamba. El estudio se realizará para la Corporación Nacional de Telecomunicaciones (CNT EP) y se les proporcionará de un documento para su futura implementación.

Los métodos utilizados son la Investigación documental, debido a que se trata del estudio y análisis de una tecnología que cumple con normas específicas, y posibilita recolectar la información que permitirá dar la mejor solución al diseño. Además el método experimental para probar el diseño de la red a través de un software de simulación.

La tecnología escogida fue la Red de Acceso Pasiva con Capacidad de Gigabit (GPON), porque es uno de los estándares más sugerentes a la hora de ofrecer una conexión con fibra óptica en áreas metropolitanas y además ofrece grandes ventajas en cuanto a estabilidad y movilidad.

Por ser una red de acceso se tomó como base la infraestructura actual con la que cuenta la CNT EP, por facilidad de diseño y administración de la red se dividió el sector en tres zonas.

La fibra óptica a ser empleada es la G.652 C ya que ofrece una gran capacidad de transmisión a costos razonables, la arquitectura más eficiente en el proceso de diseño será: FTTN, que acerca la fibra hasta un Nodo, de ahí hasta el hogar se parte con cobre utilizando la tecnología VDSL2; se ubicó la OLT (Terminal de línea Óptica) en el AMG-UNACH, debido a que hasta ahí llega la distribución de fibra del nodo oriental, adicionalmente se facilitan y reducen los costos en la operación y mantenimiento. Un splitter principal se coloca en una cabina exterior principalmente por la razón de que la expansión de la red se facilita.

Los parámetros que se calculan son: la atenuación a partir del balance de las potencias, y mediante el software Optisystem 10.0 se analiza el BER (Tasa de error de bit), a través del diagrama de ojo, por ser el indicador principal que garantiza la calidad del enlace, dependiendo si este se encuentra dentro de los valores establecidos en la recomendación ITU-G.984.2.

Se concluyó que con el estudio y diseño de este proyecto se logra obtener una red de gran capacidad, de forma que se puede ofrecer convergencia, de voz, datos y video, en un mismo canal a menor costo, esto se traduce en una red con grandes potencialidades y estabilidad.

Se recomienda que el proyecto sea desarrollado tomando en cuenta todos los detalles de equipamiento y tecnología de interoperabilidad, a la vez que pueda ser implementado en un tiempo prudencial y determinado.

SUMMARY

The Study and Design of a Gigabit Passive Optical Network (GPON) was developed. The purpose of the net is to provide Triple Play Telecommunications Services (voice, video and data) in the Oriental sector of Riobamba. This study will be developed by the Corporación Nacional de Telecomunicaciones (CNT EP) and the investigation will be given for its future implementation.

The methods used were documental research, due to it is the study and analysis of a technology that meets specific standards and enables collecting information that will give the best solution to the design. The experimental method was used for testing the design of the network through simulation software. The chosen technology was the Gigabit Passive Optical Network (GPON) because it is one of the most evocative standards when providing a fiber optic connection in metropolitan areas and besides it provides great advantages in stability and mobility. Because it is an access net, it was taken as a base the actual infrastructure that the enterprise has, for its feasibility in the design and administration of the net, it was divided in three zones.

The optic fiber to be used in the G.652 because it gives a great capacity of transmission with reasonable costs. The most recent architecture in the process of design will be: Fiber to the Node (FTTN), which brings fiber to the Node, from that until the house it begins with cooper using technology VDSL2; It was located the OLT (Optical Line Terminal) in the AMG-UNACH, because there arrives the fiber distribution node oriental, besides it provides and reduces costs in the operation and maintenance. A main splitter is placed in an outside cabin because it facilitates the net expansion.

The parameters calculated are: The attenuation from the potency balance and trough the Optisystem software 10.0 the BER is analyzed (Bit error rate) through the eye diagram, because it is the leading indicator which guarantees the link quality, depending on the values established in the recommendation ITU-G984.2. It was concluded that with the study and design of this project, it will be gotten great capacity net, so it can provide convergence with voice, data and video in the same channel at a low price, this reduces to a net with great potency and stability. It is recommended this project to be developed taking care of all details of equipment, technology and interoperability, also that this will be implemented in a prudential and given time.

ANEXOS

ANEXO A

ESPECIFICACIONES FIBRA

MONOMODO G.652.D

Características generales

Esta especificación corresponde a fibras optimizadas para la transmisión en las longitudes de onda de 1310 nm a 1550 nm, incluida la región de 1383 nm y de acuerdo a la subcategoría G.652.D de la ITU-T.

El núcleo está compuesto por dióxido de silicio dopado, rodeado por un recubrimiento de dióxido de silicio, el revestimiento está formado por dos capas de acrilato curado mediante UV.

Características ópticas y geométricas

Parámetros ópticos	Fibra no cableada	Fibra cableada
Atenuación a 1310 nm	$\leq 0,35$ dB/Km	$\leq 0,37$ dB/Km
Atenuación a 1383 nm	$\leq 0,35$ dB/Km	$\leq 0,37$ dB/Km
Atenuación a 1550 nm	$\leq 0,21$ dB/Km	$\leq 0,24$ dB/Km
Atenuación a 1625 nm	$\leq 0,23$ dB/Km	
Atenuación en 1285-1625 nm	$\leq 0,40$ dB/Km	
Punto de discontinuidad máxima en 1310 y 1550 nm	$\leq 0,05$ dB	
Longitud de onda de corte	1100 - 1320 nm	≤ 1260 nm
Punto de dispersión cero	1300-1324 nm	
Pendiente de dispersión cero	$\leq 0,090$ ps/nm ² .Km	
Dispersión cromática en 1285 -1330 nm	$\leq 3,5$ ps/nm.Km	
Dispersión cromática en 1550 nm	$\leq 18,0$ ps/nm.Km	
Dispersión cromática en 1625 nm	$\leq 22,0$ ps/nm.Km	
PMD fibra individual	$\leq 0,15$ ps/√Km	
PMDq (Q=0,01%, N=20)	$\leq 0,08$ ps/√Km	

Parámetros geométricos	
Diámetro de campo modal 1310 nm	$9,20 \pm 0,40$ μ m
Diámetro de campo modal 1550 nm	$10,40 \pm 0,50$ μ m
Error concentricidad núcleo/cladding	$\leq 0,4$ μ m
Diámetro cladding	$125,0 \pm 0,50$ μ m
Error concentricidad coating/cladding	≤ 12 μ m
No circularidad coating	≤ 10 %
Diámetro coating (coloreado)	250 ± 15 μ m

Características mecánicas y ambientales

Características mecánicas

Proof test level	1,2 % (120 kpsi, 0,86 GPa)
Radio de curvatura mínimo	30 mm
Atenuación inducida por macrocurvatura:	
1 vuelta sobre 32 mm a 1550 nm	$\leq 0,50$ dB
100 vueltas sobre 50 mm a 1310 nm	$\leq 0,05$ dB
100 vuelta sobre 50 mm a 1550 nm	$\leq 0,10$ dB
100 vuelta sobre 60 mm a 1625 nm	$\leq 0,50$ dB
Fuerza de pelado (F) (valor de pico)	$1,3$ N $\leq F \leq 8,9$
Fuerza de pelado (F) (valor medio)	1 N $\leq F \leq 5$
Fatiga dinámica (nd)	20 (valor típico)
Fatiga estática (ns)	20 (valor típico)

Características ambientales

Atenuación inducida a 1310, 1550 y 1625 nm:	
-60°C ~ +85°C ciclo de temperatura	$\leq 0,05$ dE/Km
-10°C ~ +85°C/ hasta 98% RH. Ciclo temperatura y humedad	$\leq 0,05$ dE/Km
+85°C +/- 2° C. Calor seco	$\leq 0,05$ dB/Km
+23°C +/- 2° C. Inmersión en agua	$\leq 0,05$ dB/Km

Valores típicos

Índice de refracción de grupo efectivo

1310 / 1383 nm	1,466
1550 nm	1,467
1625 nm	1,470

Información de Contacto

Oficinas Centrales
Polígono Industrial Centrovía
c/ Buenos Aires, 18
50196 La Muela, Zaragoza
España

Teléfono: (+34) 976 14 18 00
Fax: (+34) 976 14 18 10
comercial@telnet-ri.es

Oficina Comercial en Madrid
Avda. Menéndez Pelayo, 85 - 1º A
28007 Madrid
España

Teléfono: (+34) 91 434 39 92
Fax: (+34) 91 434 40 84

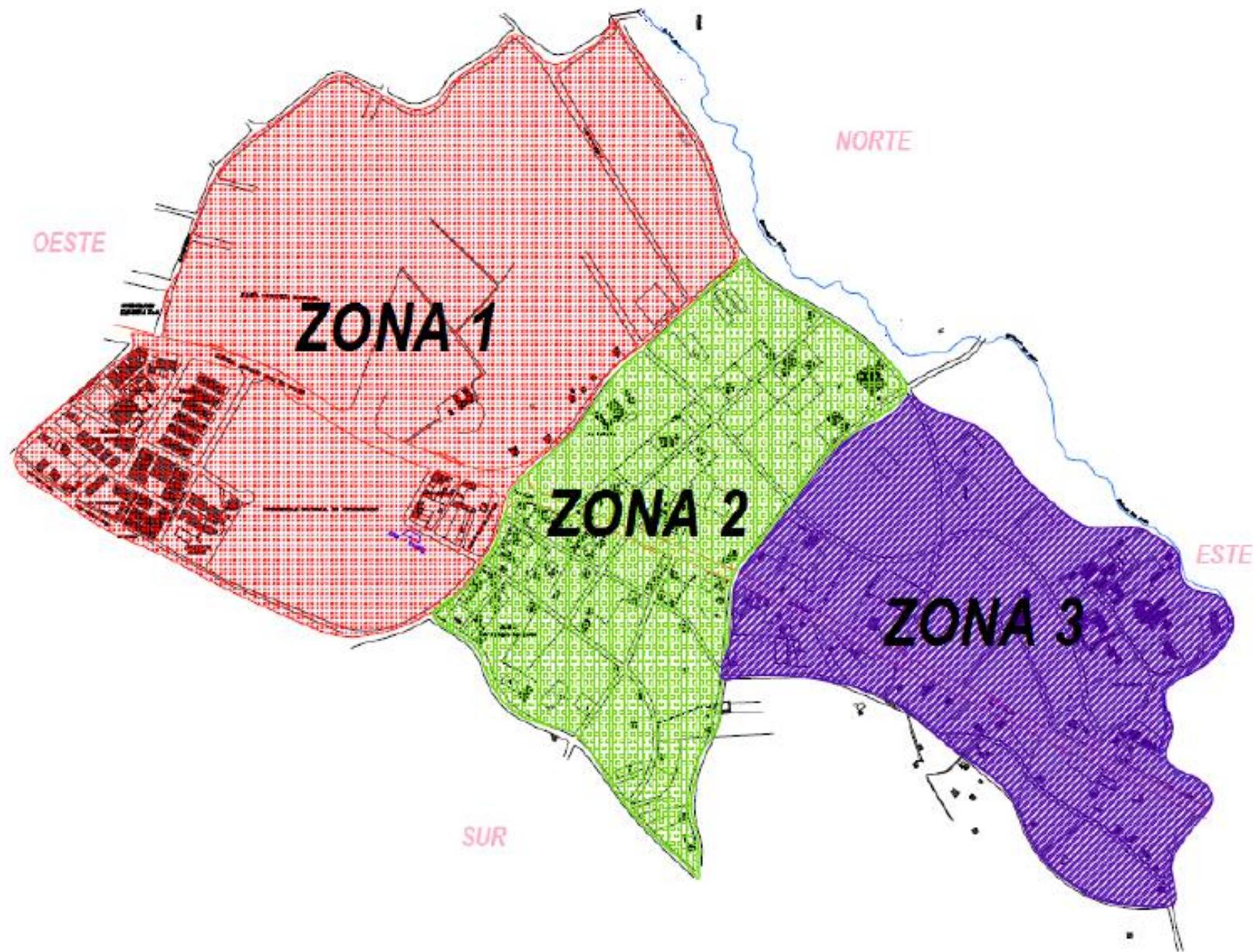
Filial en Portugal
NETIBERTEL
Avenida da Liberdade, 110
1269- 046 Lisbon
Portugal

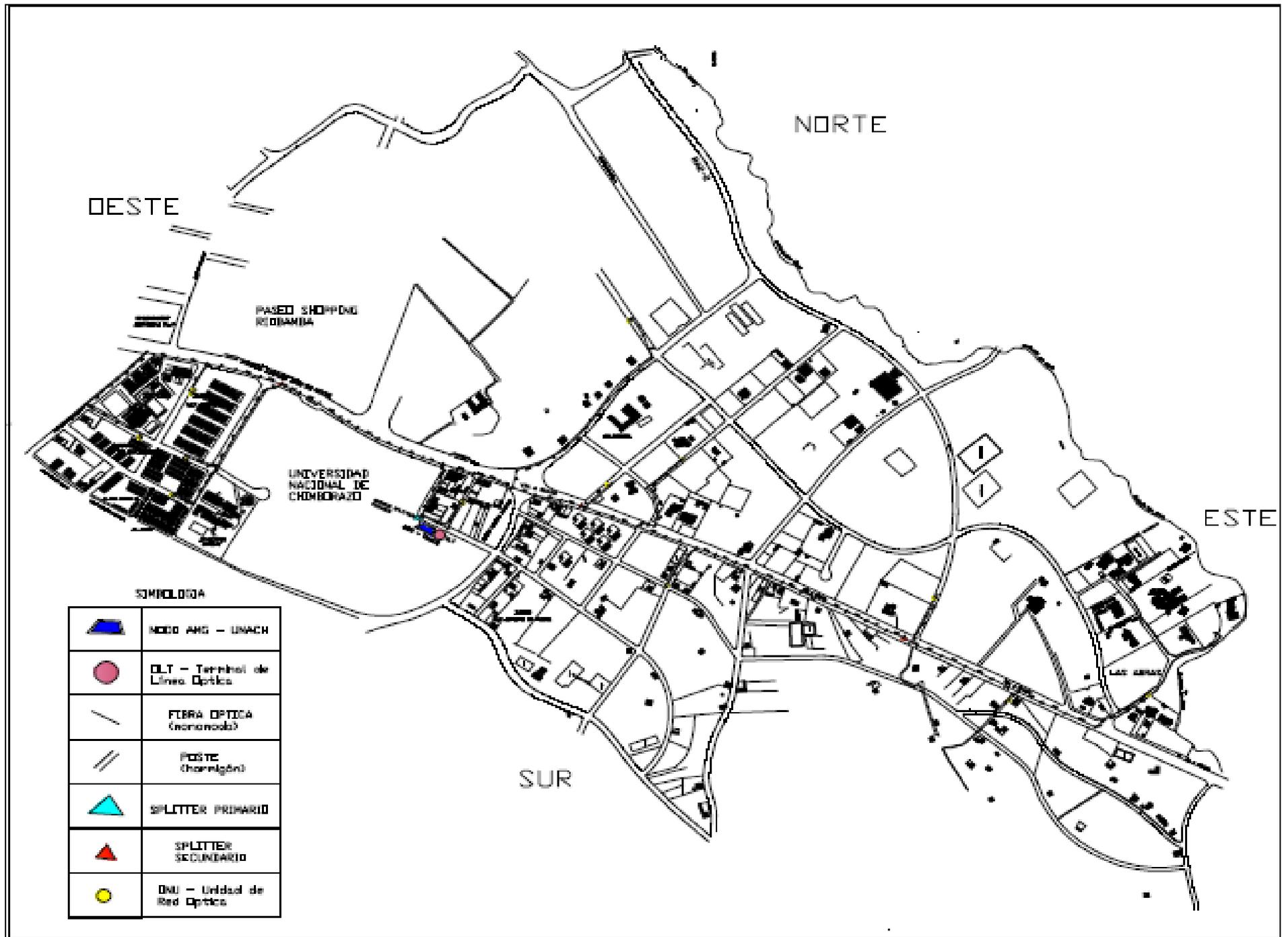
ANEXO B

PLANOS DEL DISEÑO DE LA RED DE ACCESO

**B1: PLANO DEL SECTOR AMG-
UNACH DIVIDIDO EN ZONAS**

**B2: PLANO DEL DISEÑO FINAL CON
UBICACIÓN DE EQUIPOS Y TENDIDO
DE FIBRA**



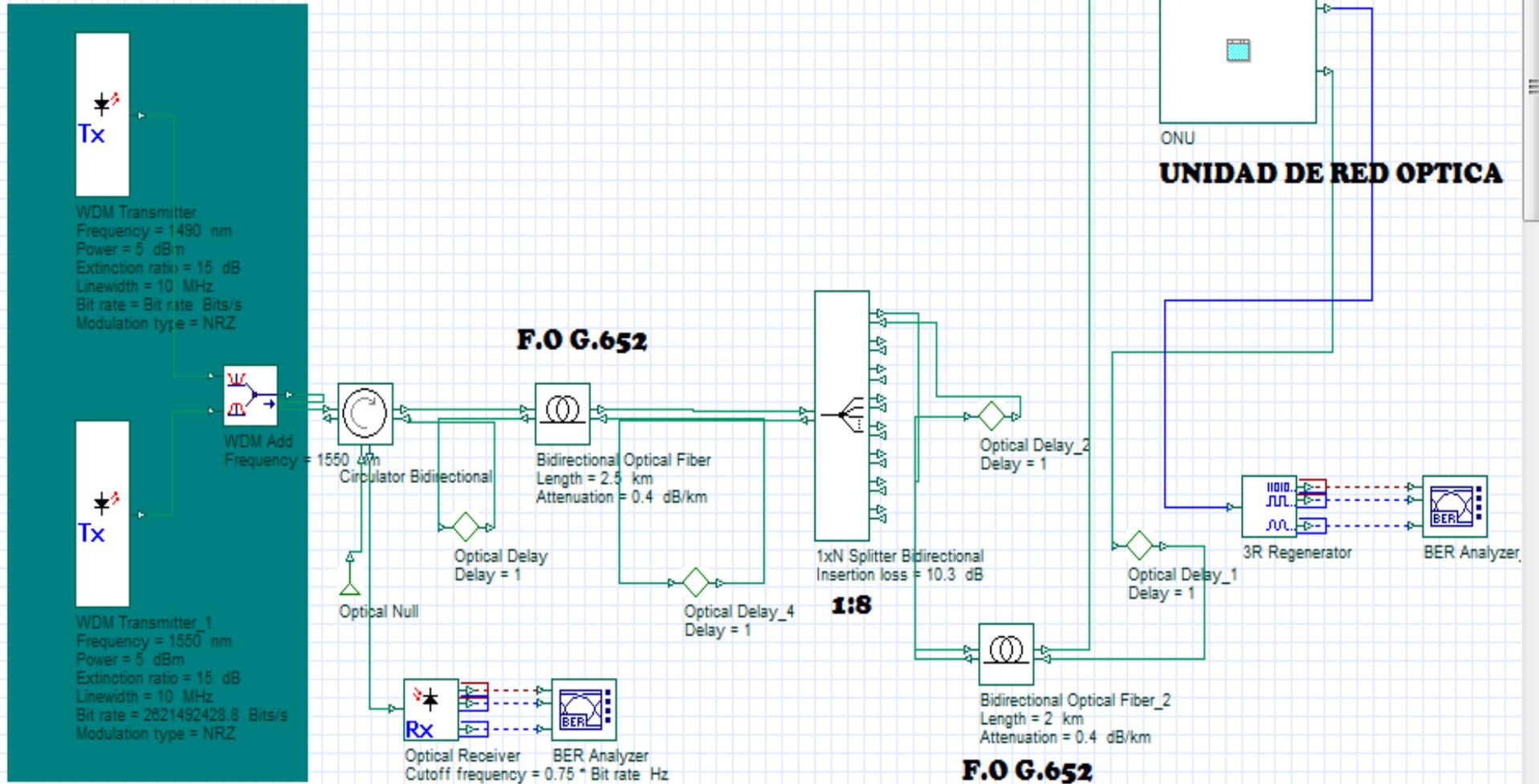


SIMBOLOGIA

	UNACH - UNACH
	OLT - Terminal de Línea Óptica
	FIBRA OPTICA (económica)
	POSTE (canalizado)
	SPLITTER PRIMARIO
	SPLITTER SECUNDARIO
	ONU - Unidad de Red Óptica

ANEXO C

DIAGRAMA DEL DISEÑO DE LA RED DE ACCESO PARA LA SIMULACIÓN EN OPTISYSTEM

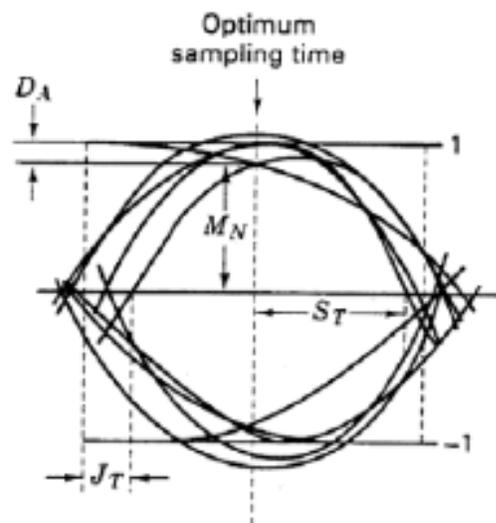


OLT-AMG UNACH

ANEXO D: D1 DIAGRAMA DEL OJO

Un Diagrama del Ojo es un gráfico que resulta de la medición de la respuesta de un sistema de comunicaciones a una señal aleatoria de banda base. El procedimiento para obtener este diagrama se resume a lo siguiente: En el canal vertical del osciloscopio se conecta la señal digital captada por el receptor. En el canal horizontal, se conecta una onda tipo "diente de sierra" a una frecuencia igual a la velocidad de señal de la secuencia digital. En otras palabras, se fija la base de tiempos (frecuencia horizontal) del osciloscopio a la velocidad de la señal.

Este procedimiento hace que la pantalla del osciloscopio sobreponga las formas de onda de cada período de la señal a una sola gráfica de familia de curvas en el intervalo de tiempo $[0, T]$. La figura ilustra el Diagrama del Ojo obtenido a partir de una señal bipolar NRZ.

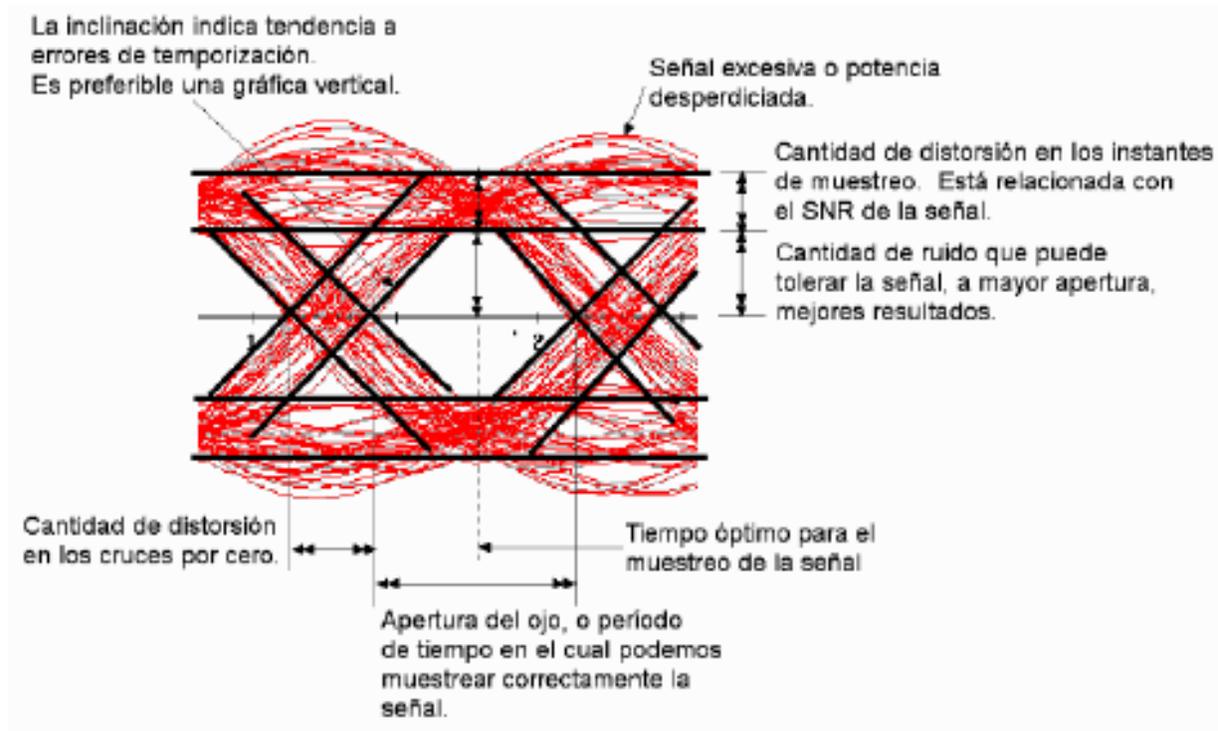


Ya que la fuente de datos utilizada es pseudoaleatoria, los símbolos producidos van a ser positivos o negativos, y la persistencia del tubo de rayos catódicos muestra un patrón en forma de ojo. El ancho de la apertura del centro indica el periodo de tiempo en que se puede hacer un muestreo para la detección del nivel de la señal. El punto óptimo de muestreo corresponde a la parte central del ojo, donde la abertura vertical es la más grande. Aquí se tiene el mayor margen de protección contra ruido.

Si no se produce filtrado de la señal, es decir, si el ancho de banda del sistema es infinito, entonces la respuesta del sistema serán pulsos de forma rectangular. En este caso, el patrón se parecerá más a un rectángulo o caja. En la figura a continuación, se puede apreciar que:

- El rango de amplitud señalado por DA es la medida de la distorsión causada por el ISI.
- El rango de tiempo señalado por JT , existente entre los cruces por cero de diferentes señales es la medida del *jitter* del sistema.
- MT indica el margen de defensa contra el ruido.
- ST indica el margen de defensa contra errores de muestreo.

El uso más práctico del diagrama del ojo es analizar cualitativamente el nivel de ISI del sistema de comunicaciones. Si el ojo está "cerrado", el ISI es grande; con un ojo "abierto", el ISI es relativamente despreciable.



D2: RECOMENDACIÓN ITU-T 984.2



UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES

UIT-T

SECTOR DE NORMALIZACIÓN
DE LAS TELECOMUNICACIONES
DE LA UIT

G.984.2

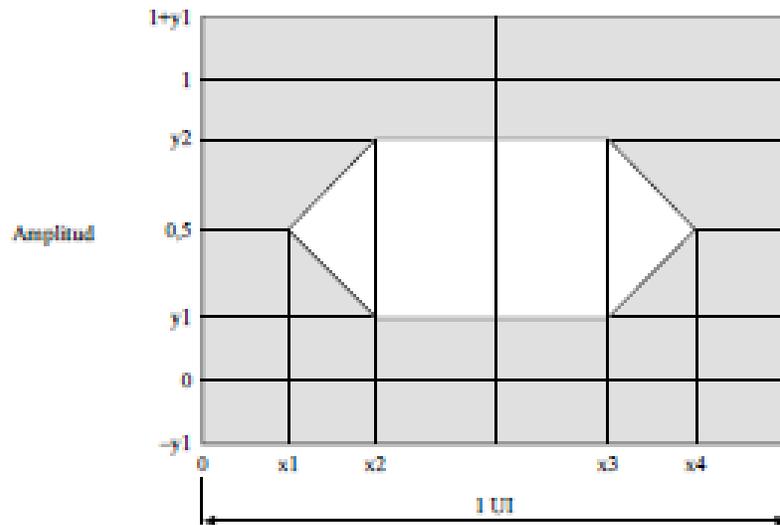
(03/2003)

SERIE G: SISTEMAS Y MEDIOS DE TRANSMISIÓN,
SISTEMAS Y REDES DIGITALES

Secciones digitales y sistemas digitales de línea –
Sistemas de línea óptica para redes de acceso y
redes locales

**Redes ópticas pasivas con capacidad
de gigabits: Especificación de la capa
dependiente de los medios físicos**

Recomendación UIT-T G.984.2



	1244,16 Mbit/s	2488,32 Mbit/s
x1/x4	0,28/0,72	—
x2/x3	0,40/0,60	—
x3 - x2	—	0,2
y1/y2	0,20/0,80	0,25/0,75

[Configuración de la prueba]

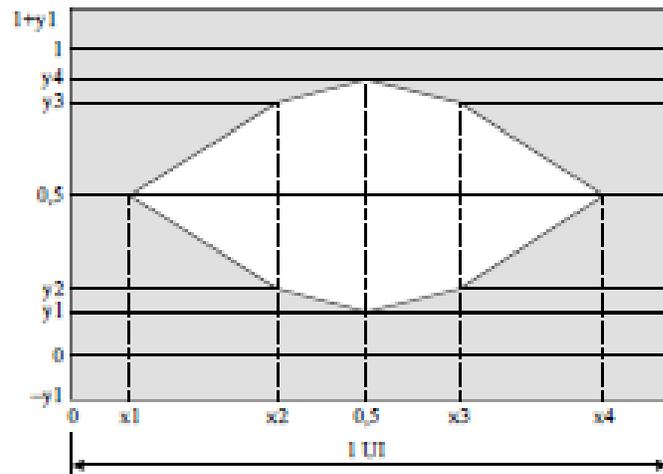


* El atenuador se utiliza si es necesario

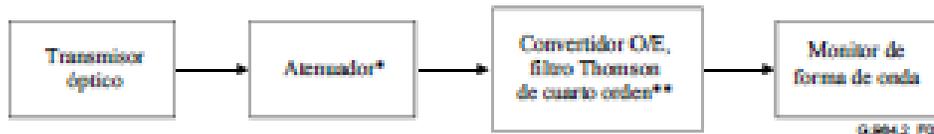
** Frecuencia de corte del filtro (frecuencia de atenuación de 3 dB) es 0,75 veces la velocidad binaria nominal de salida

NOTA – Para 2488,32 Mbit/s, no es necesario que x2 y x3 de la plantilla rectangular en ojo sean equidistantes con respecto a los ejes verticales en 0 UI y 1 UI. El grado de esta desviación se encuentra en estudio.

Figura 2/G.984.2 – Plantilla del diagrama en ojo para la señal de transmisión en sentido descendente



	155,52 Mbit/s	622,08 Mbit/s	1244,16 Mbit/s	2488,32 Mbit/s
x1/x4	0,10/0,90	0,20/0,80	0,22/0,78	En estudio
x2/x3	0,35/0,65	0,40/0,60	0,40/0,60	En estudio
y1/y4	0,13/0,87	0,15/0,85	0,17/0,83	En estudio
y2/y3	0,20/0,80	0,20/0,80	0,20/0,80	En estudio



* El atenuador se utiliza si es necesario

** Frecuencia de corte del filtro (frecuencia de atenuación de 3 dB) es 0,75 veces la velocidad binaria nominal de salida

Figura 3/G.984.2 – Plantilla del diagrama en ojo de la señal de transmisión en sentido descendente