



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

**DISEÑO DE UNA ODN PARA UNA RED ÓPTICA DE ACCESO**  
**MEDIANTE TECNOLOGÍA GPON PARA SERVICIOS TRIPLE**  
**PLAY EN EL SECTOR “LA TOLITA 1 Y LA TOLITA 2” DE LA**  
**CIUDAD DE ESMERALDAS**

Trabajo de titulación presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO EN ELECTRÓNICA TELECOMUNICACIONES Y**  
**REDES**

**AUTORES:** NIDIA MARIBEL GONZÁLES CEDEÑO  
SERGIO ANTONIO BECERRA ESTUPIÑÁN  
**TUTOR:** ING. FRANKLIN MORENO

Riobamba-Ecuador

2016

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

**El Tribunal de Trabajo de Titulación certifica que: DISEÑO DE UNA ODN PARA UNA RED ÓPTICA DE ACCESO MEDIANTE TECNOLOGÍA GPON PARA SERVICIOS TRIPLE PLAY EN EL SECTOR “LA TOLITA 1 Y LA TOLITA 2” DE LA CIUDAD DE ESMERALDAS, de responsabilidad de la señorita Nidia Maribel Gonzales Cedeño y el señor Sergio Antonio Becerra Estupiñán, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal de Trabajo de Titulación, quedando autorizada su presentación.**

**NOMBRE**

**FIRMA**

**FECHA**

Dr. Miguel Tasambay, PhD

**DECANO FACULTAD DE  
INFORMÁTICA Y  
ELECTRÓNICA**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Ing. Franklin Moreno

**DIRECTOR DE ESCUELA DE  
INGENIERIA EN ELECTRÓNICA,  
TELECOMUNICACIONES Y REDES**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Ing. Franklin Moreno

**DIRECTOR DE TRABAJO  
DE TITULACIÓN**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Ing. José Guerra

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**NOTA:** \_\_\_\_\_

“Nosotros, **Nidia Maribel Gonzáles Cedeño** y **Sergio Antonio Becerra Estupiñán**, somos responsables de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en este trabajo de titulación; y, el patrimonio intelectual del mismo pertenece a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO”

---

**Nidia Maribel Gonzáles Cedeño**

---

**Sergio Antonio Becerra Estupiñán**

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios porque gracias a su misericordia nos ha permitido mantenernos a lo largo de nuestro caminar y es el autor fundamental de nuestra vidas.

A mis padres, Narcisa Cedeño y Mérice Gonzáles por inculcarme valores y principios que me permitieron formarme a lo largo de mi vida y de mi carrera estudiantil, por su apoyo, sacrificio, paciencia y su entrega incondicional en especial a mi hermana Jineth Gonzáles por brindarme siempre un aliento en los momentos más difíciles además a mi amigo y compañero de vida Sergio Becerra el más sincero agradecimiento por su empuje y fortaleza para sacar adelante este proyecto y a mi gran inspiración para salir adelante mi precioso hijo Said Becerra Gonzáles.

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.

A todos los ingenieros, quienes han sabido guiarnos e impartir sus valiosos conocimientos a lo largo de nuestra carrera.

**Nidia**

A Dios, a mis padres, a mis familiares, y cada uno de mis maestros desde la infancia hasta la vida universitaria que han compartido sus conocimientos conmigo logrando ser una persona de bien y anhelando ser un gran profesional.

**Sergio**

## TABLA DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE ABREVIATURAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xv
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xvi
RESUMEN.....	xvii
ABSTRACT.....	xviii
INTRODUCCIÓN.....	1

## CAPITULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....	4
1.1 Fibra Óptica.....	4
1.1.1 Principios de propagación.....	5
1.1.2 Parámetros de una fibra óptica.....	5
1.1.2.1 Atenuación ( ).....	5
1.1.2.2 Dispersión Cromática.....	7
1.1.2.3 Dispersión Modal.....	8
1.1.3 Ventajas y desventajas de la Fibra Óptica.....	8
1.1.4 Recomendaciones de cables de fibra óptica.....	9
1.1.5 Clasificación de fibra óptica.....	11
1.1.5.1 Fibra óptica Monomodo.....	11
1.1.5.2 Fibra óptica multimodo.....	11
1.1.5.3 Estructura holgada.....	12
1.1.5.4 Estructura ajustada.....	12
1.2 Redes FTTx.....	13
1.2.1 Topologías ftx.....	14
1.2.1.1 Fibra hasta el nodo.....	15
1.2.1.2 Fibra hasta el último amplificador.....	15
1.2.1.3 Fibra hasta la acera.....	16
1.2.1.4 Fibra hasta los locales.....	17

1.3	Estándares PON.....	19
1.3.1	Red Óptica Pasiva (APON) .....	19
1.3.2	Red Óptica Pasiva Broadband (BPON).....	19
1.3.3	Red Óptica Pasiva Ethernet (EPON) .....	20
1.3.4	Red Óptica Pasiva Gigabit (GPON) .....	21
1.3.4.1	Características generales .....	21
1.3.4.2	Recomendaciones para Redes GPON .....	22
1.3.4.3	Protocolos usados para redes GPON.....	24
1.3.4.4	Multiplexación de servicios.....	26
1.3.4.5	Tipos de T-CONT. ....	26
1.3.4.6	Asignación Dinámica de Ancho de Banda (DBA).....	27
1.3.4.7	Modo de Transferencia Asíncrona (ATM).....	27
1.3.4.8	Método de Encapsulación GPON (GEM).....	28
1.3.4.9	Corrección de Errores (FEC). ....	28
1.3.4.10	Seguridad en el Envío de Datos.....	29
1.3.4.11	Calidad de Servicio (QoS). ....	29
1.3.4.12	Proceso de Activación (Serial Number - SN).....	30
1.3.4.13	Arquitectura de red GPON .....	33
1.3.4.14	Trama downstream .....	34
1.3.4.15	Trama upstream .....	35
1.3.4.16	Modelo de referencia .....	36
1.3.4.17	Descripción de la infraestructura GPON.....	37
1.3.5	Terminal de Línea Óptico (OLT).....	39
1.3.6	Red de distribución óptica ODN.....	41
1.3.6.1	Cable Patch Cord.....	41
1.3.6.2	Cable Feeder.....	42
1.3.6.3	Cable distribución.....	42
1.3.6.4	Splitters.....	43
1.3.6.5	Distribuidor de Fibra Óptica (ODF).....	44
1.3.6.6	Armario (FDH).....	44

1.3.6.7	Caja de Distribución Optica NAP .....	45
1.3.6.8	Zona de Servicio.....	45
1.3.6.9	Red feeder (troncal).....	45
1.3.6.10	Red de distribución .....	45
1.3.6.11	Red de distribución interna.....	46
1.3.6.12	Red de dispersión.....	46
1.3.7	Terminal de Red Óptico (ONT).....	46
1.4	Modelo de Cálculo de Enlace para Accesos GPON.....	47
1.4.1	Definiciones y supuestos considerados en el modelo de cálculo.....	49
1.4.2	Longitud máxima de anillos para Feeder.....	49
1.5	Infraestructura para tendido de redes de fibra óptica .....	50
1.5.1	Herrajes.....	50
1.5.2	Conectores de Fibra óptica .....	51
1.5.3	Empalmes .....	51
1.5.4	Mangas o mufas.....	53
1.5.5	Tapones.....	54
1.6	Dispositivos de medición .....	54
1.6.1	Reflectómetro Óptico(OTDR) .....	55
1.6.2	Medidor de potencia óptica (OPM).....	55
1.6.3	Gpon tester.....	56
1.7	Comparativa GPON vs EPON .....	56
1.8	Fabricantes de equipos de telecomunicaciones GPON .....	57
1.8.1	Cisco .....	57
1.8.2	Huawei.....	58
1.9	Servicios triple play.....	58
1.9.1	Desarrollo del triple play .....	59
1.9.2	Funcionamiento .....	61

## CAPÍTULO II

2	MARCO METODOLÓGICO .....	62
2.1	Análisis del Mercado.....	62
2.2	Planes de empresas proveedoras de servicios. ....	62
2.2.1	Corporación Nacional de telecomunicaciones (CNT EP.). ....	62
2.2.1.1	Planes de internet.....	63
2.2.1.2	Línea telefónica residencial.....	63
2.2.1.3	Planes de televisión .....	64
2.2.2	SOLINTEL s.a.....	64
2.2.2.1	Planes de internet.....	64
2.2.3	Puntonet.....	65
2.2.3.1	Planes de internet.....	65
2.2.4	DIRECTV .....	65
2.2.4.1	Planes de televisión por cable .....	66
2.2.5	Vantv .....	66
2.2.5.1	Planes de televisión por cable .....	66
2.3	Tamaño del mercado .....	67
2.3.1	Cálculo de la muestra.....	67
2.3.2	Análisis de los resultados.....	68
2.4	Estimación de la demanda insatisfecha .....	75
2.5	Proyección de la demanda.....	76

## CAPÍTULO III

3	MARCO DE RESULTADOS .....	79
3.1	Diseño de la odn con tecnología gpon.....	79
3.2	Equipos a proponer en el diseño.....	80
3.2.1	Terminal de Línea Óptico .....	80
3.2.2	Terminal de Red Óptico.....	81
3.2.3	Splitter. ....	82

3.2.4	Cierres de Fibra Optica.....	83
3.2.5	Distribuidor de Fibra Optica.....	84
3.3	Criterios técnicos de diseño en redes GPON.....	84
3.3.1	Tipo de red a utilizarse en el diseño .....	84
3.3.2	Topología de la red .....	85
3.3.3	Ubicación de la OLT .....	86
3.3.4	Tipo de fibra a utilizarse .....	87
3.3.5	Ubicación de los equipos .....	87
3.3.5.1	Ubicación del splitter primario.....	87
3.3.5.2	Ubicación de los splitters secundarios y ONUs .....	88
3.3.6	Equipo final de usuario.....	92
3.4	Fortalezas del diseño .....	92
3.5	Simulación del Diseño .....	93
3.5.1	Herramienta Simulación .....	93
3.5.1.1	Terminal de Línea Óptico.....	96
3.5.1.2	Unidad de Red Óptica .....	97
3.5.1.3	Splitter.....	97
3.5.1.4	Cable.....	98
3.5.2	Resultados de la simulación.....	98
3.6	Análisis Financiero.....	100
3.6.1	Presupuesto de costo.....	100
	CONCLUSIONES.....	104
	RECOMENDACIONES.....	105
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS

<b>ACRÓNIMO</b>	<b>SIGNIFICADO</b>
<b>APON</b>	ATM (Asynchronous Transfer Mode) Passive Optical Network, Redes Ópticas Pasivas ATM (Modo de Transferencia Asíncrono).
<b>ATM</b>	Asynchronous Transfer Mode, Modo de Transferencia Asíncrono.
<b>VER</b>	Bit Error Rate, Tasa de Error de Bit.
<b>BPON</b>	Broadband Passive Optical Network, Redes Ópticas Pasivas de Banda Ancha.
<b>CNT</b>	Corporación Nacional de Telecomunicaciones.
<b>DBA</b>	Dynamic Bandwidth Assignment, Asignación Dinámica del Ancho de Banda.
<b>DSL</b>	Digital Subscriber Line, Línea Digital de Suscriptor.
<b>DSLAM</b>	Digital Subscriber Line Access Multiplexer, Multiplexor de Línea de Acceso Digital del Abonado.
<b>EPON</b>	Ethernet Passive Optical Network, Redes Ópticas Pasivas Ethernet.
<b>FTTH</b>	Fiber to the Home, Fibra hasta la Casa.
<b>FTTN</b>	Fiber to the Node, Fibra hasta el Nodo.
<b>FTTB</b>	Fiber to the Building, Fibra hasta el Edificio.
<b>FTTC</b>	Fiber to the Curb, Fibra hasta la Acera.
<b>FTTX</b>	Fiber To The X(Any Place), Fibra hasta X(Cualquier Lugar).
<b>GEM</b>	GPON Encapsulation Method, Método de Encapsulación GPON.
<b>GPON</b>	Gigabit Passive Optical Network, Redes Ópticas Pasivas con capacidad de Gigabit.

<b>IP</b>	Internet Protocol, Protocolo de Internet.
<b>UIT</b>	Unión Internacional de Telecomunicaciones.
<b>OLT</b>	Optical Line Terminal, Terminal de Línea Óptica.
<b>ONT</b>	Optical Network Terminal, Terminal de Red Óptica.
<b>ONU</b>	Optical Network Unit, Unidad de Red Óptica.
<b>ODN</b>	Optical Distribution Network, Red Óptica de Distribución.
<b>PON</b>	Passive Optical Network, Redes Ópticas Pasivas.
<b>SONET</b>	Synchronous Optical Networking, Red Óptica Síncrona.
<b>SDH</b>	Synchronous Digital Hierarchy, Jerarquía Digital Síncrona.
<b>TDM</b>	Time Division Multiplexing, Multiplexación por División de Tiempo.
<b>TDMA</b>	Time Division Multiple Access, Acceso Múltiple por División de Tiempo.
<b>VDSL</b>	Very High Speed Digital Subscriber Line, Línea Digital de Suscriptor de muy alta Velocidad.

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura. 1-1	Estructura básica de una fibra óptica.....	5
Figura. 2-1	Atenuación en una fibra óptica.....	6
Figura. 3-1	Dispersión cromática.....	8
Figura. 4-1	Dispersión por polarización de modo.....	8
Figura. 5-1	Propagación Fibra Monomodo.....	11
Figura. 6-1	Propagación Fibra Multimodo.....	11
Figura. 7-1	Cable de Fibra Optica de Estructura Holgada.....	12
Figura. 8-1	Fibra Óptica de Estructura Ajustada.....	13
Figura. 9-1	Arquitectura FTTX.....	13
Figura. 10-1	Topología FTTX.....	14
Figura. 11-1	Estructura de Distribución FTTN.....	15
Figura. 12-1	Estructura de Distribución FTTC.....	16
Figura. 13-1	Estructura de Distribución FTTH.....	17
Figura. 14-1	Estructura de Distribución FTTB.....	18
Figura. 15-1	Estructura Estándar APON.....	19
Figura. 16-1	Estructura Estándar BPON.....	20
Figura. 17-1	Estructura Estándar EPON.....	21
Figura. 18-1	Estructura del Estándar GPON.....	21
Figura. 19-1	Distribucion de Longitudes de Onda para GPON.....	24
Figura. 20-1	Acceso GPON mediante TDM Y TDMA.....	25
Figura. 21-1	Multiplexación de servicios en redes GPON.....	26
Figura. 22-1	Tipos de T-CONT.....	27
Figura. 23-1	Flujo de Comunicación en la Aplicación de FEC.....	28
Figura. 24-1	Esquema de Seguridad para el envío de datos.....	29
Figura. 25-1	Calidad de Servicio (QoS) en la OLT.....	29
Figura. 26-1	Calidad de Servicio (QoS) en la ONT.....	30
Figura. 27-1	Proceso de Adquisición del Serial Number.....	30
Figura. 28-1	Proceso de Ranging.....	31
Figura. 29-1	Proceso de Operación, Administración y Mantenimiento (OAM).....	32
Figura. 30-1	Arquitectura de una Red GPON.....	33
Figura. 31-1	Principio GPON Transmisión Downstream Tipo Broadcast.....	34
Figura. 32-1	Formato de la Trama Downstream.....	35
Figura. 33-1	Principio GPON Transmision Upstream Sincronizado por la OLT.....	35
Figura. 34-1	Formato de trama Upstream.....	36
Figura. 35-1	Modelo de Referencia.....	36
Figura. 36-1	Esquema de Red GPON para Masivos.....	37

Figura. 37-1	Topología en bus .....	37
Figura. 38-1	Topología en árbol .....	38
Figura. 39-1	Topología en anillo.....	38
Figura. 40-1	Layout OLT .....	39
Figura. 41-1	Elementos de la ODN.....	41
Figura. 42-1	Cable Patch Cord.....	42
Figura. 43-1	Cable Feeder.....	42
Figura. 44-1	Cable de Distribución.....	42
Figura. 45-1	Descripción de un Splitter .....	43
Figura. 46-1	Código de colores para Splitter .....	43
Figura. 47-1	ODF.....	44
Figura. 48-1	Hub de Distribución de Fibra Típico (FDH) .....	44
Figura. 49-1	Caja de Distribución Optica NAP .....	45
Figura. 50-1	ONT de Mesa .....	46
Figura. 51-1	Longitud Máxima de Anillos para Feeder.....	50
Figura. 52-1	Tipos de Conectores para Fibra Óptica .....	51
Figura. 53-1	Empalme por Fusión.....	52
Figura. 54-1	Empalme Mecánico .....	52
Figura. 55-1	Empalme por Adhesión .....	53
Figura. 56-1	Mangas o Mufas .....	54
Figura. 57-1	TAPONES PARA FIBRA ÓPTICA .....	54
Figura. 58-1	OTDR .....	55
Figura. 59-1	OPM .....	55
Figura. 60-1	Gpon Tester .....	56
Figura. 61-1	Integración de Servicios .....	59
Figura. 62-1	Convergencia de Servicios .....	61
Figura. 63 -1	Modelos Dividido Por Sectores      Modelo Dividido Por Capas.....	61
Figura. 1-2	Precios de planes de servicio de internet (CNT). .....	63
Figura. 2-2	Precios de planes de Telefonía Fija (CNT) .....	63
Figura. 3-2	Planes de Televisión por cable de DIRECTV .....	66
Figura. 4-2	Porcentajes de telefonía fija obtenidos del sector encuestado.....	69
Figura. 5-2	Porcentaje de TV por cable / satelital en el sector encuestado .....	69
Figura. 6-2	Porcentaje de hogares que cuentan con el servicio internet .....	70
Figura. 7-2	Porcentaje del Nivel de conformidad de los servicios.....	71
Figura. 8-2	Proveedores de servicios de telefonía fija, internet, televisión por cable.....	72
Figura. 9-2	Costo de Servicios Contratados.....	73
Figura. 10-2	Grado de Aceptación del Servicio Triple Play .....	74
Figura. 11-2	Posibles valores a pagar por Servicio Triple Play .....	75

Figura. 12-2	Población según los años proyectados.....	78
Figura. 1-3	Terminal de Línea Óptico SmartAX MA5603T marca Huawei..	80
Figura. 2-3	Terminal de Red Óptico Echo Life HG861 marca Huawei.....	81
Figura. 3-3	Cierres de Fibra Óptica FB 8000.XX marca Fibrain.....	83
Figura. 4-3	Distribuidor de fibra óptica 3U marca Huawei. ....	84
Figura. 5-3	Ruta desde la Ubicación de la OLT en la central, hasta las ciudadelas.....	85
Figura. 6-3	Topología de Red Propuesta.....	85
Figura. 7-3	Ubicación de la OLT en CNT .....	86
Figura. 8-3	Ubicación de los equipos de la ODN.....	90
Figura. 9-3	Diseño completo de la ODN, distribución de la fibra desde la OLT.....	91
Figura. 10-3	Conexión entre la ONU y el equipo final de usuario.....	92
Figura. 11-3	Diagrama del diseño de la red de acceso, simulación en Optisystem 7.0.....	95
Figura. 12-3	Parámetros para la transmisión a 1550 nm.....	96
Figura. 13-3	Parámetros para la transmisión a 1490 nm.....	96
Figura. 14-3	Parámetros de la ONU.....	97
Figura. 15-3	Parámetros del Splitter. ....	97
Figura. 16-3	Parámetros del cable de fibra óptica.....	98
Figura. 17-3	Diagrama de ojo ideal.....	99
Figura. 18-3	Diagrama de ojo de la ONU 1 .....	99
Figura. 19-3	Diagrama de ojo de la ONU 2 .....	100

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1	Tasas de Transmisión GPON.....	34
Tabla 2-1	Ejemplo OLT con 4 Tarjetas Pon de 8 Puertos.....	40
Tabla 3-1	Pérdidas por Tipo de Splitter .....	48
Tabla 4-1	Comparativa de las principales tecnologías PON.....	57
Tabla 1-2	Precio de planes de televisión satelital (CNT).....	64
Tabla 2-2	Precios de planes de internet (SOLINTEL S.A).....	64
Tabla 3-2	Precios de planes de Internet (PUNTONET).....	65
Tabla 4-2	Precios de planes de televisión por cable (VANTV).....	66
Tabla 5-2	Resultados obtenidos de telefonía fija en el sector encuestado .....	68
Tabla 6-2	Resultados de tv por cable / satelital.....	69
Tabla 7-2	Resultados de hogares que cuentan con el servicio internet .....	70
Tabla 8-2	Nivel de conformidad del servicio.....	71
Tabla 9-2	Proveedores de servicios de telefonía fija, internet, televisión por cable .....	72
Tabla 10-2	Costo de los Servicios.....	73
Tabla 11-2	Grado de aceptación del Servicio Triple Play.....	74
Tabla 12-2	Posibles valores a pagar por Servicio Triple Play .....	75
Tabla 13-2	Tasa de Crecimiento Anual 1990-2001 .....	76
Tabla 14-2	Tasa de Crecimiento Anual 2001-2010 .....	76
Tabla 15-2	Población del Año 2015.....	77
Tabla 16-2	Población según los años proyectados.....	77
Tabla 1-3	Características Splitter HUAWEI SPL9109 .....	82
Tabla 2-3	Costo del enlace.....	101
Tabla 3-3	Costo del transporte .....	101
Tabla 4-3	Costo de instalación.....	101
Tabla 5-3	Análisis de mano de obra.....	102
Tabla 6-3	Costo Total de la Red de Acceso .....	102
Tabla 7-3	Ingresos Mensuales.....	102
Tabla 8-3	Costo- Beneficio y recuperación de la inversión. ....	102

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

Anexo A Modelo de Encuesta para el Estudio de la Demanda

Anexo B Simbología de Redes GPON

Anexo C Simbología de Redes GPON

## **RESUMEN**

La investigación tuvo como objetivo diseñar una ODN para una red óptica de acceso mediante tecnología GPON para servicios triple play en el sector “La Tolita 1 y La Tolita 2” de la ciudad de Esmeraldas. Se estableció un análisis de las principales características de la tecnología de acceso GPON y la descripción de la infraestructura de la ODN. Se obtuvo datos reales y concretos de la población para elaborar tablas y gráficos estadísticos que permitió realizar el análisis e interpretación de resultados de cada pregunta obteniendo la demanda potencial a cubrir de 536 abonados que representa el 67% de la población estudiada, además el posible precio aceptado por los abonados para contratar el servicio que es de 30 dólares. Posteriormente se presentó la propuesta del diseño realizada en AUTOCAD tomando en consideración criterios técnicos que se utilizaron tales como: la arquitectura más eficiente para nuestro caso es FTTN, la topología de tipo árbol, la ubicación de la OLT existente que pertenece a CNT E.P. Con la finalidad de validar el diseño se aplicó el software Optisystem 7.0 donde se analizó el BER (Tasa de error de bit), a través del diagrama de ojo, por ser el indicador principal que garantiza la calidad del enlace de fibra óptica. Finalmente se presentó el análisis económico con el que se determinó la viabilidad del proyecto que tiene una inversión de \$90277,10 la que según nuestras proyecciones será recuperada en seis meses. Concluyendo que las redes GPON soportan tasas nominales de dirección downstream de 2.4 Gbit/s y upstream de 1,2 Gbit/s y la distancia máxima de la ODN, es decir, distancia entre la OLT y ONT no debe superar los 20 Km ante lo cual se recomienda respetar las normativas de diseño para redes GPON, lo cual permitirá obtener excelentes resultados.

## **PALABRAS CLAVES**

<RED OPTICA PASIVA CON CAPACIDAD DE GIGABITS [GPON]>, < RED OPTICA DE DISTRIBUCIÓN [ODN]>, < TERMINAL DE LÍNEA ÓPTICO [OLT]>, <SERVICIOS TRIPLE PLAY>, < TASA DE ERROR DE BIT [BER]> , <SOFTWARE DE SIMULACIÓN>. <TELECOMUNICACIONES>

## **ABSTRACT**

The purpose of the following research is to design an ODN for an access optical network through GPON technology for triple play services in “La Tolita 1 and La Tolita 2” area from Esmeraldas.

The principal GPON access technological characteristics were analyzed as well as the ODN infrastructure description. Some real and concrete data of the population were obtained to make statistical graphics and charts which allowed making the analysis and interpretation of results for each questions, this reflected the prospective demand to the fulfilled; this is 536 users representing 67% of the population studied. On the other hand the possible price accepted by the users to contract the service is 30 dollars. Then the proposal design in AUTOCAD was presented taking into account the technical criteria. For example FTTN as the most efficient architecture in this case, tree-type topology, the existing OLT location which belongs to CNT public company. In order to validate the design, it was necessary to apply Optisystem 7.0 software to analyze the BER(Bit Error Rate) through the eye pattern, since it is the main indicator which guaranties the optic fiber link quality. Finally the economic analysis was presented and the viability of the project was determined. The project has an investment of 90277,10 dollars, which according to the projections will be recovered within six months. It is concluded that GPON networks support 2.4Gbit/s downstream direction nominal rates and 1.2 Gbits/s upstream as well as the ODN maximum length; it is to say that the distance between the OLT and ONT must not exceed 20 km. For this it is recommended to respect the design norms for GPON network which will allow obtaining excellent results.

**Key words:** < [GPON] GIGABIT PASSIVE OPTICAL NETWORK>,< [ODN] OPTICAL DISTRIBUTION NETWORK>, < [OLT] OPTICAL LINE TERMINAL>, <TRIPLE PLAY SERVICES>, <[BER] BIT ERROR RATE>, <SIMULATION SOFTWARE>, <TELECOMMUNICATIONS>.

## **INTRODUCCIÓN**

A finales de los años 90, PON comenzó a ser considerado tanto por las operadoras como por los suministradores como una interesante solución para ofrecer acceso de fibra óptica hasta los usuarios. Al tratarse de una conexión punto a multipunto, aseguró un gran ahorro económico a la hora de extender la fibra óptica. Por otro lado, la tecnología PON no requería de dispositivos electrónicos u optoelectrónicos activos para la conexión entre el operador y el abonado, lo que supuso un ahorro en los costos de inversión y mantenimiento.

En la primavera de 1995, se formó el FSAN (Full Service Access Network), con el fin de promover estándares mediante la definición de un conjunto básico de requerimientos y, de este modo, mejorar la interoperabilidad y reducir el precio de los equipos. Con el abaratamiento de la fibra óptica y el interés de los distintos organismos reguladores de cada país por ella, los fabricantes y operadores abrazaron la tecnología PON. Durante el año 2001, el FSAN comenzó a definir los inicios de GPON. Unos años más tarde, en el 2004, se terminaba de definir el estándar GPON, dicho estándar superaba con creces al resto de las tecnologías PON con velocidades de línea de hasta 2.488 Gbps simétricas y asimétricas. Otra de las cualidades eran su mayor ancho de banda y la capacidad de transportar tráfico de datos nativos y otros servicios integrados. Su único problema fue que tenía una gran complejidad por lo que no era posible desarrollar comercialmente de forma rentable productos compatibles con GPON.

Hoy en día este problema ya está solucionado y son muchos los operadores que la emplean. Actualmente podemos encontrar esta tecnología en casi todo el mundo, excepto en algunas partes de Asia, Europa Oriental y África. Los principales suministradores de equipos de telecomunicación (Alcatel-Lucent, Ericsson, Huawei, Nokia-Siemens, ZTE, etc.) ofrecen soluciones GPON. En la actualidad, la tecnología avanza a niveles muy acelerados, lo que conlleva a que las redes actuales no satisfagan las velocidades existentes para los nuevos servicios de telecomunicaciones a los cuales nos gustaría acceder de manera igualitaria y sin distinción de tecnología por el pasar de los años y los avances tecnológicos existentes. Y debido a que actualmente la tecnología ADSL solo permite ofrecer a través del par telefónico de cobre tradicional una velocidad en Mbps de 512 kbps, 1 Mbps, 2 Mbps y 4 Mbps; siendo una limitación el ancho de banda que puede ofrecer a los usuarios, el mismo que disminuye la velocidad al aumentar la distancia entre el punto de acceso y el terminal. Por consiguiente, GPON es la tecnología más atractiva al momento de brindar velocidades

superiores a 1 Gbit/s. en servicios de comunicación, llegando directamente a lugares como hogares, oficinas y edificios, por lo que se ha visto la necesidad de profundizar en un estudio de aplicación de redes GPON.

Por lo que el presente proyecto comprenderá el estudio para diseñar una ODN de red de acceso con la tecnología GPON, para servicios triple play en el sector “La Tolita 1” y “La Tolita 2” de la ciudad de Esmeraldas. Gran parte de los hogares del mundo y de los ecuatorianos cuentan con suscripción de Servicio Triple Play (voz, banda ancha y televisión), es por ello que como usuarios nos gustaría acceder a un servicio que esté acorde a nuestras necesidades y que cumpla con la Norma Técnica establecida en el país y justifique la mensualidad cancelada por el servicio. Pero la realidad social a veces no es así, debido a que existen usuarios que no se ven beneficiados totalmente de la disponibilidad de los servicios o los reciben en condiciones deficientes.

Este proyecto se justifica por la razón de que en las ciudadelas “La Tolita 1” y “La Tolita 2” existe gran demanda en lo que respecta a servicios tripe play, que con la red existente provoca deficiencia en la provisión de los servicios de telecomunicaciones; debido a que la Central Telefónica (ESMERALDAS 3) más cercana se encuentra alejada en un tramo de 4.2 km, lo que representaría un alto costo por el cable de cobre y con el problema de tener una resistencia de bucle mayor a los 1200 ohmios que es lo permitido, y en consecuencia, si la longitud del bucle es muy grande el incremento de la atenuación puede impedir que se logre una transmisión fiable sobre la línea del abonado. Ya que la tecnología GPON (Gigabit Pasive Optical Network) se describe como una red flexible de acceso con fibra óptica, capaz de soportar requisitos de amplitud de servicios, con tasas nominales de dirección downstream de 2.4 Gbit/s y upstream de 1,2 Gbit/s y 2.4 Gbit/s, lo que permitirá cubrir con la necesidad que tienen los clientes de este sector.

GPON consiste principalmente de una OLT situado en una URA (Unidad Remota de Abonado) o Central Office Interconectada a una ONT a través de una red pasiva conocida como ODN , en el camino las señales de la fibra son "distribuidas" a través de la utilización de splitters. Para ello se llevó a cabo el estudio de los principios teóricos y técnicos de las redes de acceso óptico con tecnología GPON. Luego se realizo la planificación y el dimensionamiento de acuerdo con la proyección de los usuarios actuales y futuros se hizo el estudio de mercado. Para esta parte se decidió tomar en cuenta el número total de usuarios que cuentan con línea telefónica en su vivienda, con lo cual se realizó una valoración aproximada de cuantos poseen el servicio, los datos se obtuvieron de las encuestas realizadas en el sector. El sector objeto registra 800 abonados, con lo

que posteriormente se realizará la proyección de usuarios a diez años, con la finalidad del desempeño óptimo de los equipos a utilizar. Luego de haber finalizado la recopilación de información procedemos a la ilustración gráfica de cada interrogante realizada pudimos concluir que para el servicio triple play la demanda insatisfecha es de 536 abonados (67% de 800 de la población estudiada). Este es el número aproximado de clientes con los que se espera contraten el servicio para el primer mes de operación de la red.

Seguidamente se presenta la propuesta tomando en consideración criterios técnicos que utilizamos tales como: la arquitectura más eficiente que es la FTTN, la topología es la de tipo árbol, la ubicación de la OLT que para nuestro caso ya está existente y pertenece a CNT E.P que es la empresa que brinda servicios portadores en esta ciudad, ubicado en la Central Esmeraldas 3 en el sur de la ciudad de Esmeraldas. Finalmente se presenta el análisis económico que determina la viabilidad del proyecto el cual tiene una inversión de \$90277,10 la cual según nuestras proyecciones será recuperada en seis meses.

## CAPITULO I

### 1. MARCO TEÓRICO

En este capítulo se dará una breve introducción a lo concerniente a fibra óptica tomando en consideración su principio de propagación, parámetros, ventajas y desventajas y clasificación, así también se detallará las características de las redes FTTX, de los estándares PON, prestando principal atención a la tecnología GPON tanto en su infraestructura, dispositivos, modelo de cálculo y demás aspectos relevantes. Así mismo tomaremos en consideración aspectos importantes de los servicios triple play.

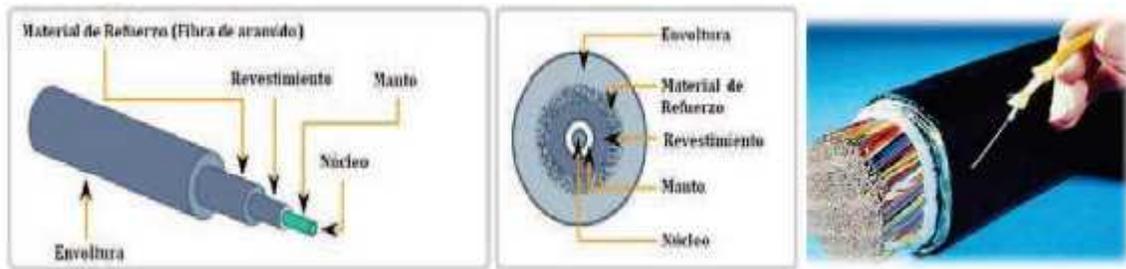
#### 1.1 Fibra Óptica.

La fibra óptica como medio de transporte es una guía de onda dieléctrica que permite la propagación de una señal luminosa a través de múltiples reflexiones que se dan en su interior, permitiendo el transporte de grandes cantidades de información.

Las partes principales de una fibra óptica son: el centro ó núcleo, el revestimiento y el recubrimiento primario.

- El Centro ó núcleo: dependiendo del tipo de fibra óptica, éste se fabrica de dióxido de silicio ( $\text{SiO}_2$ ) ó dióxido de germanio ( $\text{GeO}_2$ ). El diámetro con el que se fabrican depende del modo de transmisión y puede ser: monomodo ( $\phi = 8$  a  $10 \mu\text{m}$ ) ó multimodo ( $\phi = 50$  a  $62,5 \mu\text{m}$ ).
- El Revestimiento: generalmente está construido de dióxido de silicio ( $\text{SiO}_2$ ) y su diámetro es de aproximadamente  $125 \mu\text{m}$ .
- El recubrimiento: está fabricado de material acrílico y su diámetro es de aproximadamente  $245 \mu\text{m}$ .

A continuación se presenta una figura de las partes descritas:



**Figura. 1-1 Estructura básica de una fibra óptica**

Fuente: [www.conocimientosrfapplications.blogspot.com/2010/06/medios-de-transmision-fibra-optica.html](http://www.conocimientosrfapplications.blogspot.com/2010/06/medios-de-transmision-fibra-optica.html)

### ***1.1.1 Principios de propagación***

La transmisión de los impulsos luminosos dentro de la fibra óptica se basa en dos propiedades la refracción y la reflexión. Cuando un impulso luminoso encuentra en su camino una superficie dieléctrica, se desdobra en dos impulsos luminosos, uno reflejado y otro refractado o transmitido, cuyos ángulos se relacionan con el ángulo de incidencia a través de la ley de Snell. La potencia óptica, por su parte también se distribuye en los dos impulsos luminosos.

### ***1.1.2 Parámetros de una fibra óptica.***

En la recomendación G.650 de la UIT-T (Unión Internacional de Telecomunicaciones), se describen las principales definiciones y métodos de prueba de los parámetros más importantes de las fibras ópticas, siendo éstos la atenuación, la dispersión cromática y la dispersión por modo de polarización.

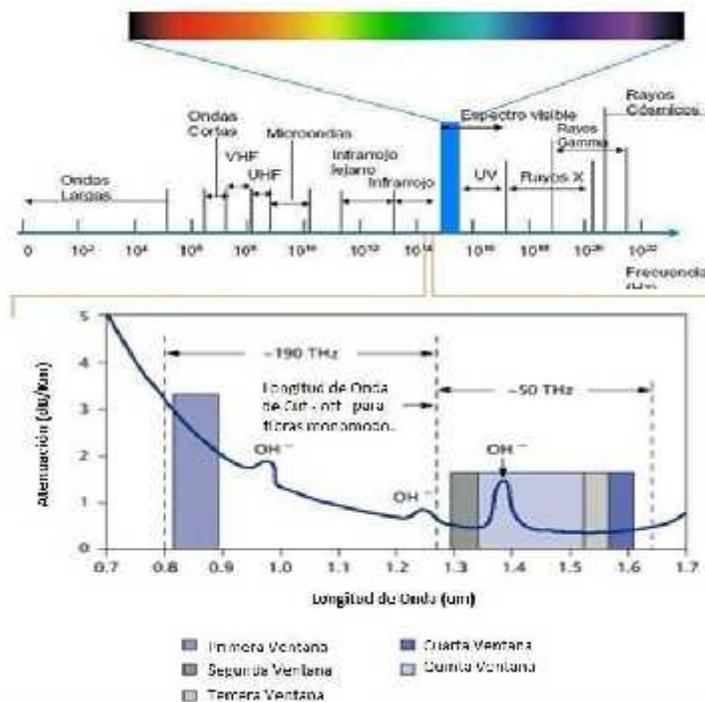
#### ***1.1.2.1 Atenuación ( ).***

Se manifiesta con la pérdida de potencia de la señal óptica conforme aumenta la distancia, siendo los principales factores la longitud de onda de la luz incidente y el material del núcleo los que intervienen en este tipo de pérdidas. La unidad en la que se expresa la atenuación es el [dB/Km] y se define como la relación entre la potencia de salida sobre la potencia de entrada de la señal luminosa. Debido a factores propios de la fibra óptica que intervienen en la atenuación se pueden destacar dos principales: las pérdidas por absorción y las pérdidas por dispersión.

## 🌈 Pérdidas por absorción

Se producen debido a las impurezas de los materiales con los que se fabrica la fibra, provocando en algunos puntos de la fibra se absorba la luz y en lugar de transmitirla se la transforme en calor. La absorción puede deberse a los rayos ultravioletas, a los rayos infrarrojos y a la presencia de iones hidroxilo (OH<sup>-</sup>). En los dos primeros casos se producen por la interacción de las partículas de energía electromagnética presente en la luz que viaja a través del núcleo de la fibra y la tercera se debe a la presencia de partículas de vapor de agua en el material de la fibra debido a su fabricación.

Esta absorción produce tres importantes picos de pérdidas que se sitúan en tres ventanas de longitud de onda: cerca de los 900nm, 1200nm y 1400nm siendo el más fuerte el tercero, el cual llega valores de atenuación de 0,04 [dB/Km]. Esta situación se puede observar en la siguiente figura.



**Figura. 2-1 Atenuación en una fibra óptica.**

Fuente: [http://200.27.247.163/planta/menu/fibra\\_archivos/image002.jpg](http://200.27.247.163/planta/menu/fibra_archivos/image002.jpg)

## 🌈 Pérdidas por dispersión.

Conocidas también como pérdidas por dispersión Rayleigh y Mie, son ocasionadas por pequeñas

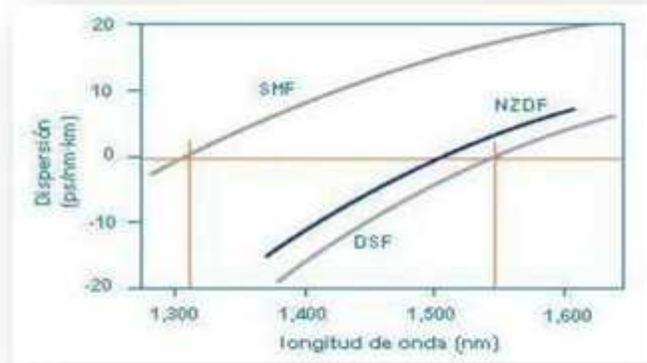
irregularidades sub.-microscópicas que se forman durante el proceso de fabricación. Cuando los rayos de luz que se están propagando por una fibra chocan contra las impurezas éstos se difractan, causando que la luz se disperse en muchas direcciones, provocando que una porción de la luz se escape por la cubierta, y es precisamente a estos rayos que se los conoce como dispersión Rayleigh.

#### 1.1.2.2 *Dispersión Cromática.*

Este parámetro describe las diferencias en la velocidad de la señal que dependen de la distribución de la potencia óptica sobre el núcleo y el revestimiento de la fibra óptica. En los puntos en que la dispersión cromática es alta, los pulsos ópticos tienden a expandirse en el tiempo y provocar interferencia, lo cual se puede provocar inaceptables velocidades de bit. Esto provoca que los rayos de luz que se propagan en una fibra, no lleguen al extremo de destino al mismo tiempo, lo cual provoca una señal distorsionada.

Este parámetro tiene dos componentes: la dispersión inherente al material y la dispersión originada por la estructura de la guía de onda. El primer componente es el principal causante de la dispersión y consiste en que el índice de refracción del material (i.e. silicio) depende de la frecuencia, por lo que las componentes de distinta frecuencia viajan a velocidades diferentes por el material, por lo que éste es un parámetro que no podrá ser manipulado; sin embargo, es posible desplazar la dispersión modificando la dispersión de guía de onda, ya que depende de la longitud de onda y de las dimensiones de la guía.

En la Figura 3-1, se puede apreciar que para una longitud de onda de aproximadamente 1310 nm, empleando una fibra monomodo estándar SMF (Standard Single Mode Fiber por sus siglas en inglés) se tiene casi cero de dispersión, sin embargo al emplear este mismo tipo de fibra en la ventana de 1500nm, la dispersión crece a aproximadamente 18 ps/nm – Km, por lo que en función de la ventana en la que se trabaje se deberá escoger el tipo de fibra, sea esta la descrita, DSF (Dispersión Shifted Fiber por sus siglas en inglés), ó NZDF (NonZero Dispersión Fiber por sus siglas en inglés).

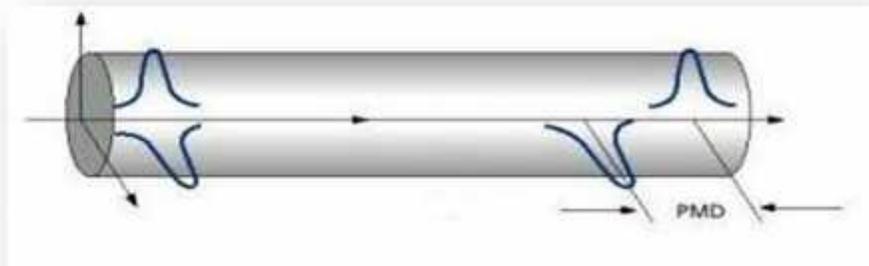


**Figura. 3-1 Dispersión cromática.**

Fuente: [http://nemesiis.tel.uva.es/images/tCO/contenidos/tema1/imagenes\\_tema1\\_5/image011.jpg](http://nemesiis.tel.uva.es/images/tCO/contenidos/tema1/imagenes_tema1_5/image011.jpg)

### 1.1.2.3 Dispersión Modal.

También llamada por modo de polarización. La polarización es la propiedad de la luz que está relacionada con la dirección de sus vibraciones. En la Figura. 4-1 se puede apreciar los dos modos principales de una fibra asimétrica que es uniforme a lo largo de su longitud. El modo en el eje x es arbitrariamente etiquetado como un modo lento, mientras que el eje y, es etiquetado como modo rápido. La diferencia en los tiempos de arribo en los modos de dispersión por polarización (PMD) es medida en picos segundos.



**Figura. 4-1 Dispersión por polarización de modo.**

Fuente: [http://nemesiis.tel.uva.es/images/tCO/contenidos/tema1/imagenes\\_tema1\\_5/image010.jpg](http://nemesiis.tel.uva.es/images/tCO/contenidos/tema1/imagenes_tema1_5/image010.jpg)

### 1.1.3 Ventajas y desventajas de la Fibra Óptica.

Ventajas:

- Ancho de banda muy elevado (GHz y THz).
- Baja atenuación – larga distancia.

- Inmunidad electromagnética.
- Tamaño reducido.
- Bajo peso.
- Seguridad de la información ya que no es posible acceder a los datos transmitidos.
- Aislamiento eléctrico.
- Rentabilidad.
- No hay riesgo de chispas o explosiones.
- El silicio con el que pueden ser fabricadas, es abundante en la naturaleza.
- Escalabilidad y vida útil.

Desventajas:

- Tecnología compleja: fabricación, instalación, montaje.
- Costos elevados, sea en los equipos terminales como en la instalación, mantenimiento y reparación.
- Fragilidad de la fibra.
- Resistencia al cambio, debido al uso difundido de materiales tradicionales como el cobre.
- Conversión electro/óptica.

#### ***1.1.4 Recomendaciones de cables de fibra óptica***

##### **UIT G-652D**

Esta Recomendación describe una fibra óptica monomodo y cable que tiene dispersión nula, longitud de onda alrededor de 1310 nm y que está optimizado para su uso en la región de longitud de onda de 1310 nm, y que también puede ser utilizado en la región de 1550 nm. Es posible utilizar con esta fibra tanto transmisión analógica como digital.

Los parámetros geométricos, ópticos, de transmisión y mecánicos se describen a continuación en tres categorías de atributos:

***Atributos de la fibra:*** Son los atributos que se mantienen en el cableado y la instalación.

***Atributos del cable:*** Son los atributos recomendados para el área de trabajo.

**Atributos de enlace:** Son característicos de cables concatenados, que describen métodos de estimación de los parámetros del interfaz del sistema basado en mediciones, modelado u otras consideraciones.

#### UIT G.655

Esta Recomendación describe una fibra monomodo con un coeficiente de dispersión cromática de valor absoluto, que es mayor que algún valor distinto de cero a lo largo de las longitudes de onda más grandes que 1530 m.

Esta dispersión reduce el crecimiento de los efectos no lineales que pueden ser especialmente sistemas de multiplexación DWDM (multiplexado compacto por división en longitudes de onda).

A longitudes de onda más bajas, el coeficiente de dispersión puede reducirse a cero, pero los valores del coeficiente de dispersión cromática en estas longitudes de onda pueden ser especificados para apoyar una multiplexación CWDM (multiplexación por división en longitudes de onda ligeras), que son sistemas que no poseen impedimentos significativos debido a los efectos no lineales.

Estas fibras estaban destinadas originalmente para su uso en longitudes de onda en una región prescrita entre 1530 m y 1565 m. Se han tomado medidas para soportar la transmisión a mayores longitudes de onda de hasta 1625 m y longitudes de onda inferiores hacia abajo a 1460 m.

#### UIT G-657

Esta Recomendación describe dos categorías de un solo modo de cable de fibra óptica que son adecuados para su uso en redes de acceso, incluyendo el interior de edificios al final de estas redes. Ambas categorías A y B tienen dos subcategorías que difieren en la pérdida por macropliegues.

**Fibras de la categoría A** se han optimizado para la reducción de pérdida por macropliegues, y se pueden desplegar en todo el acceso red.

**Fibras de la categoría B** están optimizadas para una mayor reducción de la pérdida por macropliegues y por lo tanto poseen valores bajos de radio de curvatura. Estas fibras son para

distancias de corto alcance menor a 1000 metros en el extremo de las redes de acceso, en particular, en el interior de edificios o cerca de edificios.

### 1.1.5 Clasificación de fibra óptica

En este apartado se toma en consideración la clasificación de la fibra óptica según su propagación y según su estructura

#### 1.1.5.1 Fibra óptica Monomodo

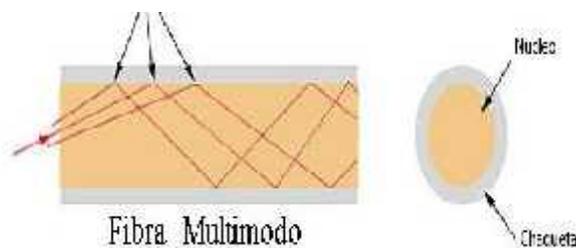


**Figura. 5-1 Propagación Fibra Monomodo**

Fuente: <http://aplicacion-de-las-telecomunicaciones.blogspot.com/>

Es un tipo de fibra óptica que permite transmitir un impulso luminoso en línea recta, el impulso luminoso es directo y lleva mayor potencia. Se reduce el diámetro de núcleo en comparación con la fibra multimodo, eliminando los efectos de la dispersión modal. Este tipo de fibra se utiliza en telecomunicaciones de media y larga distancia, en donde existe elevada demanda de transmisión de datos.

#### 1.1.5.2 Fibra óptica multimodo



**Figura. 6-1 Propagación Fibra Multimodo**

Fuente: <http://aplicacion-de-las-telecomunicaciones.blogspot.com/>

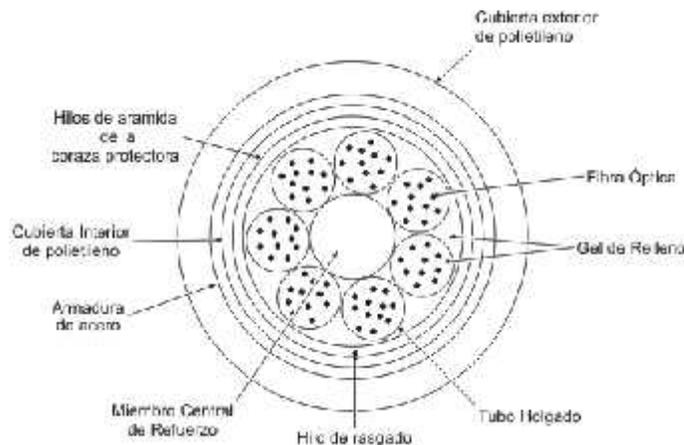
Es un tipo de fibra cuya característica principal es que el diámetro del núcleo es mayor con relación al núcleo de fibra monomodo, el paso de los impulsos de luz dentro del núcleo de la fibra

multimodo se reflejan con distintos ángulos, por lo que el alcance de la transmisión es limitada. Es de fácil uso para su conexión y permite mayor tolerancia a componentes de menor precisión.

Según el índice de refracción se considera dos tipos: fibras de índice escalonado y fibras de índice gradual. Las fibras de índice escalonado se caracterizan por conservar constante su índice de refracción, pero existe un cambio abrupto en el índice de refracción entre el núcleo y el revestimiento, y por tanto estas fibras son de alta atenuación. Las fibras de índice gradual se caracterizan por el aumento proporcional de su índice de refracción con respecto a la distancia radial respecto al eje de la fibra óptica reduciendo la dispersión entre los diferentes modos de propagación.

#### 1.1.5.3 Estructura holgada

Son cables para instalaciones mayoritariamente exteriores y entornos agresivos. Se utilizan en redes WAN y el recubrimiento de cada fibra individual es de 250  $\mu\text{m}$ .

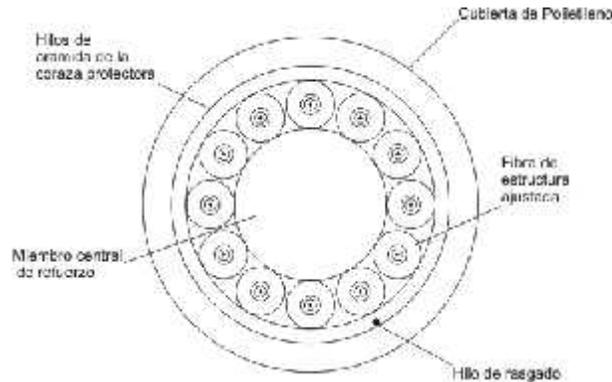


**Figura. 7-1 Cable de Fibra Óptica de Estructura Holgada**

Fuente: <http://sigmanetwork.es/cables%20de%20fibra%20optica.html>

#### 1.1.5.4 Estructura ajustada

Son cables para instalaciones en zonas interiores y edificios. Se utilizan en redes LAN y el recubrimiento de cada fibra individual es de 900  $\mu\text{m}$  para facilitar la conectividad directa.



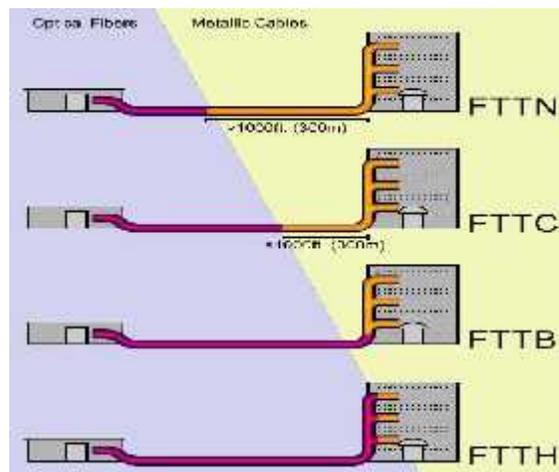
**Figura. 8-1 Fibra Óptica de Estructura Ajustada**

Fuente: [www.textoscientificos.com/sciatel.wikispaces.com/CABLE+DE+FIBRA+%C3%93PTICA](http://www.textoscientificos.com/sciatel.wikispaces.com/CABLE+DE+FIBRA+%C3%93PTICA)

## 1.2 Redes FTTx.

La tecnología de telecomunicaciones FTTx (Fiber to the X por sus siglas en inglés) es un término genérico para designar cualquier acceso de banda ancha sobre fibra óptica que sustituya total o parcialmente al cobre del bucle de acceso.

El acrónimo FTTx se origina como generalización de las distintas configuraciones desplegadas (FTTN, FTTC, FTTB, FTTH), diferenciándose por la última letra que denota los distintos destinos de la fibra (nodo, acera, edificio, hogar). Se puede observar en la Figura 9-1 una descripción de las diferentes arquitecturas FTTx.



**Figura. 9-1 Arquitectura FTTX**

Fuente: <https://sx-de-tx.wikispaces.com/FTTx+-+xPON>

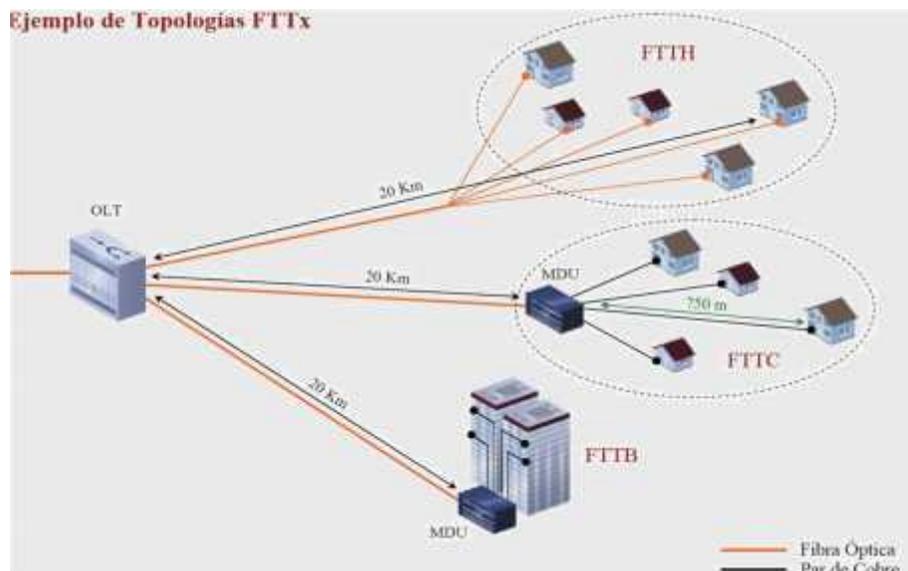
La red de acceso de fibra óptica es el conjunto de elementos tecnológicos que conectan los terminales de los usuarios finales hasta los equipos terminales de la red de transporte, comúnmente denominado tramo de última milla. Esta tecnología necesita de una red óptica pasiva PON para su desarrollo.

Entre las diferentes arquitecturas se encuentran:

- ✓ FTTN (*Fiber To The Node*, Fibra hasta el nodo).
- ✓ FTTLA (*Fiber To The Last Amplifier*, Fibra hasta el último amplificador).
- ✓ FTTC (*Fiber To The Curb*, Fibra hasta acera).
- ✓ FTTP (*Fiber to the Premises*, Fibra hasta las instalaciones).
- ✓ FTTH (*Fiber to the Home*, Fibra hasta el hogar).
- ✓ FTTB (*Fiber to the Building*, Fibra hasta el edificio).

### 1.2.1 Topologías fttx.

La fibra óptica es, en la actualidad, la guía de onda comercial con mayor capacidad de transmisión en términos de ancho de banda y resistencia al ruido electromagnético. El término FTTx denomina la proximidad al usuario final, tal como se muestra en la FIG. 10-1.

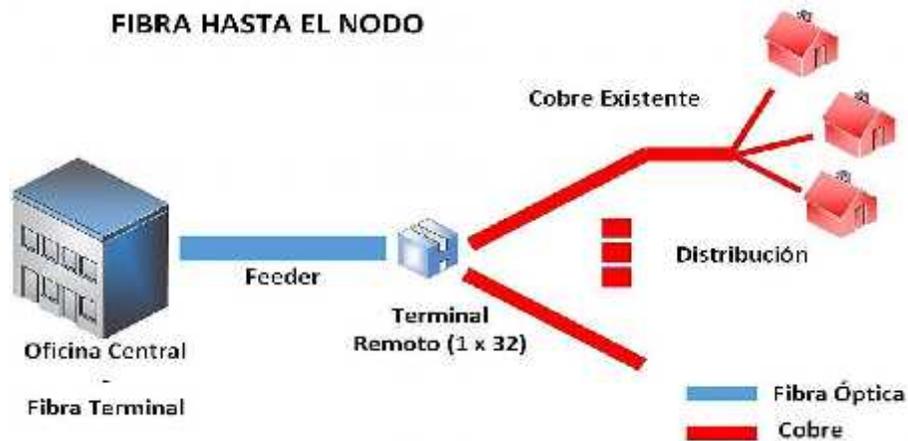


**Figura.10-1 Topología FTTX**

Fuente: Redes FTTX “Conceptos y Aplicaciones”, Tutorial 9, Lattanzi y Graf – IEEE.pdf

### 1.2.1.1 Fibra hasta el nodo.

También llamada fibra óptica hasta el vecindario. FTTN es un diseño de telecomunicaciones donde la fibra termina en una cabina o en un armario de la calle, más lejos de los abonados que en FTTH y FTTB, típicamente en las inmediaciones del barrio.



**Figura. 11-1 Estructura de Distribución FTTN**

Fuente: <http://www.teleco.com.br/emdebate/foad01.asp>

El último tramo hasta el usuario es a través de cable coaxial o par trenzado (xDSL). Habitualmente el área que cubre es de menos de 1500 metros de radio, puede dar servicio a unos cuantos miles de clientes. Fibra hasta el nodo permite la entrega de servicios de banda ancha, tales como Internet y protocolos de comunicaciones de alta velocidad como el acceso a banda ancha por cable coaxial (DOCSIS) o alguna forma de xDSL que normalmente se utiliza entre el nodo y los clientes. Las tarifas de datos varían según el protocolo exacto utilizado y de acuerdo a qué tan cerca del cliente está el nodo. FTTN a menudo utiliza la infraestructura de par trenzado o cables coaxiales existentes para proporcionar un servicio de última milla. Por esta razón, la fibra hasta el nodo es menos costosa de implementar. Sin embargo, a largo plazo, su potencial de ancho de banda es limitado en relación con las implementaciones que aporta la fibra a los abonados.

### 1.2.1.2 Fibra hasta el último amplificador

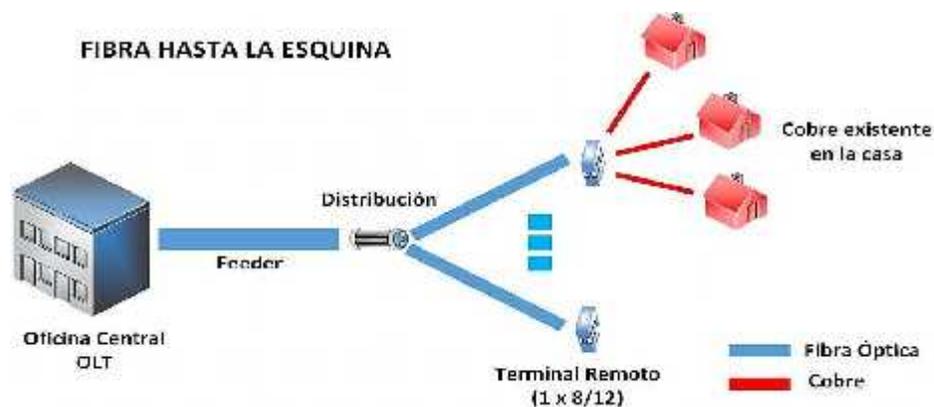
Los cables de la red pueden utilizar varios amplificadores, tiene por objeto sustituir el cable coaxial hasta el último amplificador (con respecto al abonado) por fibra óptica. Actúa como una nueva tecnología destinada a la reutilización de los cables de red existentes, en particular en la parte final

última milla durante la instalación de fibra óptica hacia los abonados. Es una herramienta eficaz para desplegar la arquitectura de la red de televisión por cable y mejorar los aspectos de escalabilidad (rendimiento y fiabilidad), que son necesarios para implementar nuevos servicios como: triple play, video bajo demanda y juegos online.

Es una tecnología que ayuda a las redes híbridas de televisión por cable coaxial de fibra (HFC) para ofrecer a sus clientes mayor ancho de banda. Se reemplazan todos los equipos activos como el cable coaxial por nodos o receptores ópticos con una salida de alta potencia (hasta 117 dBuV), manteniendo el cable coaxial desde el nodo al cliente sin ningún tipo de equipos activos en el medio.

### 1.2.1.3 Fibra hasta la acera

Es un sistema de telecomunicaciones en el cual la fibra óptica llega hasta una plataforma que sirve para algunos cuantos abonados, cada uno de estos abonados está conectado a la plataforma a través de cable coaxial o par trenzado.



**Figura. 12-1 Estructura de Distribución FTTC**

Fuente: <http://www.teleco.com.br/emdebate/foad01.asp>

Esto es muy parecido a FTTN, pero la mayor diferencia es que el nodo está mucho más cerca al usuario, normalmente a menos de 300 metros. La tendencia de todas maneras es de no utilizar esta forma de conexión (excepto en zonas con poca densidad de población) y pasar directamente de FTTN a FTTB o incluso FTTH. Permite la entrega de servicios de banda ancha, tales como Internet y protocolos de comunicaciones de alta velocidad como el acceso a banda ancha por cable

(DOCSIS) o alguna forma de xDSL normalmente utilizada entre el nodo y los clientes. Las tarifas de datos varían según el protocolo exacto utilizado y de acuerdo a qué tan cerca del cliente está el nodo. Puede utilizar la infraestructura existente de cable de par trenzado o coaxial para proporcionar un servicio de última milla. Por esta razón, la fibra hasta la acera es menos costosa de implementar. Sin embargo, también tiene menor potencial de ancho de banda que FTTP.

#### 1.2.1.4 Fibra hasta los locales.

Es una forma de entrega de comunicaciones en la que la fibra óptica va desde la oficina central hasta el final a los locales ocupados por el suscriptor. FTTP se puede clasificar según el lugar donde termina la FO en: FTTH y FTTB.

#### Fibra óptica hasta el hogar.

Esta arquitectura es una forma de entrega de comunicaciones en la que la fibra se extiende desde la oficina central hasta la casa u oficina del abonado, también se la conoce como FTTH (Fiber To The Apartment, por sus siglas en inglés). Una vez en la casa del abonado la señal puede ser transmitida a través del espacio utilizando cualquier medio, incluyendo par trenzado, cable coaxial, comunicación inalámbrica, línea eléctrica o fibra óptica.



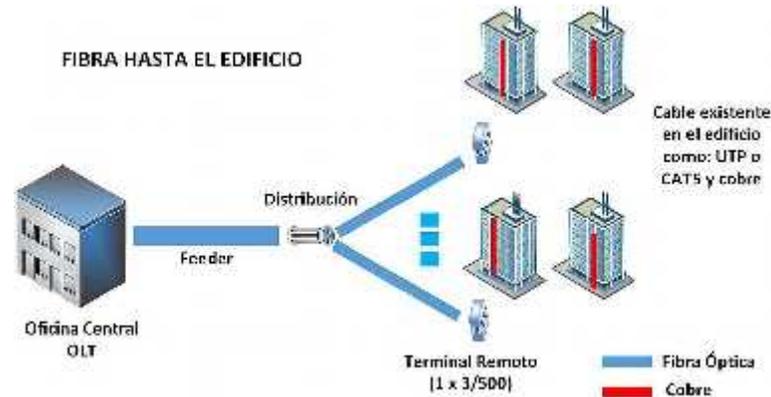
**Figura. 13-1 Estructura de Distribución FTTH**

Fuente: <http://www.teleco.com.br/emdebate/foad01.asp>

## 🚧 Fibra hasta el edificio.

Es una arquitectura de red de transmisión óptica, donde la fibra óptica termina en un punto de distribución intermedio en el interior o inmediaciones del edificio de los abonados (comercial o residencial). Necesariamente se aplica sólo a aquellas propiedades que contienen múltiples espacios donde habitan o trabajan los usuarios. Desde este punto de distribución intermedio, se accede a los abonados finales del edificio o de la casa mediante la tecnología VDSL2 sobre par de cobre o Gigabit Ethernet sobre par trenzado.

De este modo, el tendido de fibra puede hacerse de forma progresiva, en menos tiempo y con menor costo, reutilizando la infraestructura del abonado.



**Figura.14-1 Estructura de Distribución FTTB**

Fuente: <http://www.teleco.com.br/emdebate/foad01.asp>

Para asegurar el consenso, especialmente cuando se comparan los niveles de penetración de FTTH entre países, los tres Consejos de FTTH de Europa, Norte América y el Pacífico Asiático acordaron las definiciones para FTTH Y FTTB. Estos tres Consejos no dan definiciones formales para FTTC Y FTTN.

Vale la pena señalar que la fibra a la caja de telecomunicaciones FTTE (*Fiber To The Enclosure*) no se considera ser parte del grupo de tecnologías FTTx, a pesar de la similitud en el nombre. FTTE es una forma de cableado estructurado que suele utilizarse en la red corporativa de área local, donde la fibra se utiliza para vincular la sala de ordenadores principal con el terminal de la estación de trabajo o escritorio.

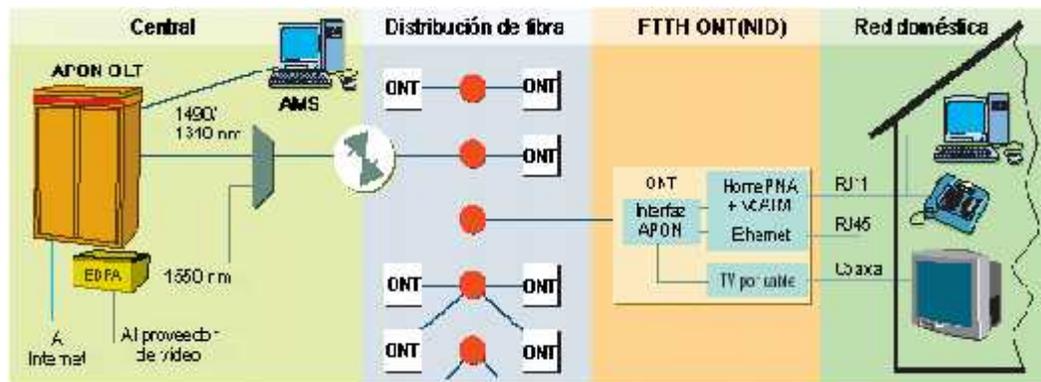
### 1.3 Estándares PON

Las redes PON son una configuración de red que se caracteriza por proveer una gran variedad de servicios de banda ancha a los usuarios mediante accesos de fibra óptica y componentes ópticos.

#### 1.3.1 Red Óptica Pasiva (APON)

Es el primer estándar de red óptica pasiva, permite la transmisión de información desde el nodo óptico al usuario usando la tecnología ATM (Asynchronous Transfer Mode, por sus siglas en inglés). Fue creado por FSAN (Full Service Access Network, por sus siglas en inglés) en 1998, y se especifica en la recomendación ITU- T G.983.

Esta tecnología se describe por un canal descendente, en el cual las tramas se forman por celdas ATM de 53 bytes, y un canal ascendente que se forman a partir de 54 celdas ATM donde se intercalan dos celdas PLOAM (Physical Layer Operation, Administration and Management, por sus siglas en inglés). La tasa de transmisión en los canales ascendente y descendente, en referencia con un solo equipo terminal, es de 155Mbps simétricos.



**Figura. 15-1 Estructura Estándar APON**

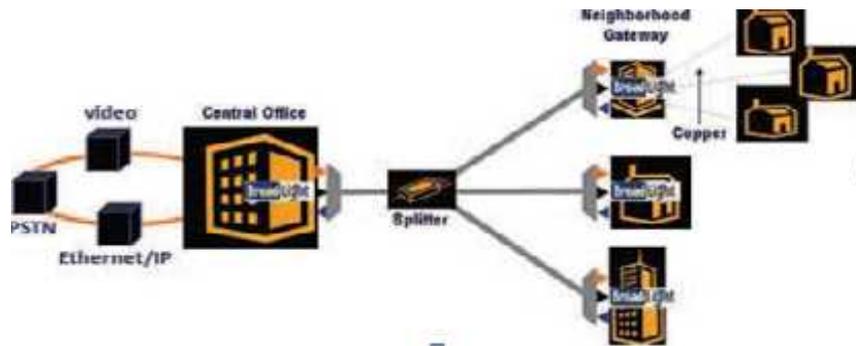
Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos14/acceso-atm/acceso-atm2.shtml>

#### 1.3.2 Red Óptica Pasiva Broadband (BPON)

Es un estándar creado por FSAN en 2001, se especifica en la recomendación ITU-T G.983. Este estándar se creó como reemplazo de APON.

La principal característica de este estándar es la multiplexación por longitud de onda o WDM, con el objetivo de incrementar la velocidad de transmisión, incrementando los servicios de Ethernet, VPL (Virtual Private Line, por sus siglas en inglés), etc.

El tráfico asimétrico en el canal descendente es de 622 Mbps y el canal ascendente de 155 Mbps. En cambio para el tráfico simétrico tanto en el canal ascendente como en el canal descendente la velocidad de transmisión es de 662 Mbps incrementando los costos y limitaciones técnicas.



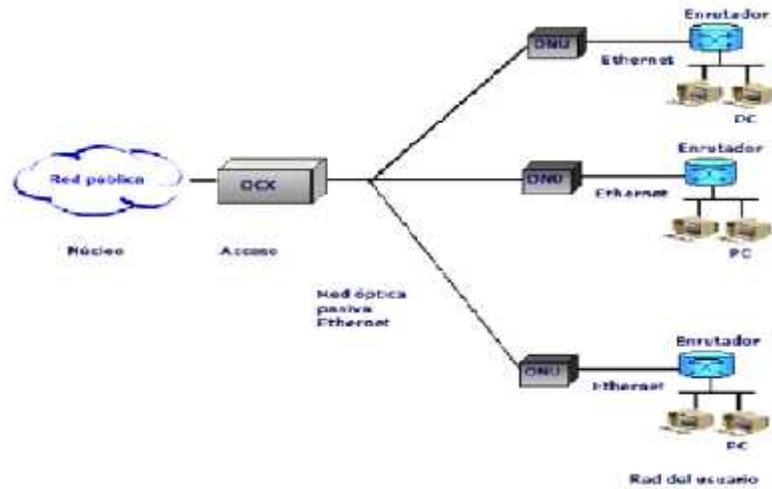
**Figura. 16-1 Estructura Estándar BPO**

Fuente: Teledata Networks, Ethernet en la Primera Milla.pdf

### 1.3.3 Red Óptica Pasiva Ethernet (EPON)

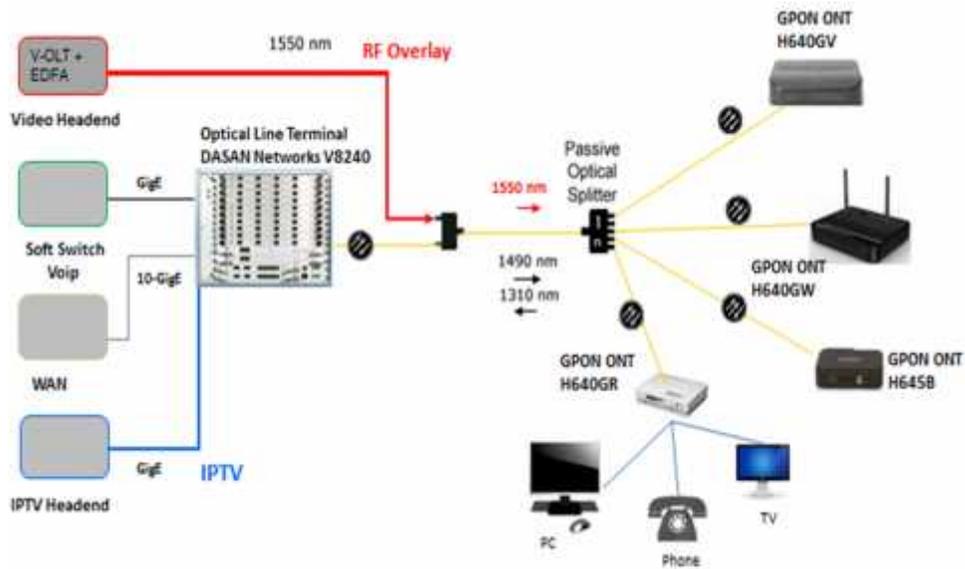
Surge el año 2004 por el grupo EFM (Ethernet First Mile, por sus siglas en inglés) de IEEE como la técnica PON de nueva generación, permite a los proveedores desplazar rápidamente equipos de mayores velocidades de transmisión a bajo coste. La desventaja de este tipo de tecnología se basa en la carencia de varias funcionalidades de transporte de servicios con calidad operadores. En un tráfico simétrico la velocidad de transmisión en los canales ascendentes y descendentes son de 1Gbps. Combina los protocolos de transporte Ethernet con topologías de redes PON punto a multipunto. Incluye mecanismos para la operación, administración y mantenimiento de redes.

Soporta operación CoS (Class of Service) para transportes de datos sensitivos al tiempo, tales como video donde las tramas del video deben entregarse en secuencia y a tiempo para prevenir fallas visibles. Soporta TDM usando servicios de emulación de circuitos.



**Figura. 17-1 Estructura Estándar EPON**  
Fuente: Teledata Networks, Ethernet en la Primera Milla.pdf

### 1.3.4 Red Óptica Pasiva Gigabit (GPON)



**Figura. 18-1 Estructura del Estándar GPON**

Fuente: <https://es.wikipedia.org/wiki/GPON>

#### 1.3.4.1 Características generales

Es un conjunto de estándares para redes Gigabit PON. Aparece en el año 2004, basado en las recomendaciones ITU-T 984.X que regulan las características técnicas de los equipos desarrollados para el soporte de la red GPON. Permite manejar velocidades de transmisión en el

orden de los gigabits con el objetivo principal de la prestación de servicios residencial como comercial, basado en transporte de servicios IP con el fin de encapsular la información y gestionar los elementos de la red.

Se describe una red de acceso flexible de fibra óptica con capacidad para soportar las necesidades de ancho de banda de los servicios para empresas y particulares y abarca sistemas con velocidades de línea nominales de 1,2 Gbit/s y 2,4 Gbit/s en sentido descendente (hacia el destino) y de 155 Mbit/s, 622 Mbit/s; 1,2 Gbit/s y 2,4 Gbit/s en sentido ascendente (hacia el origen).

#### 1.3.4.2 *Recomendaciones para Redes GPON*

En este apartado se tomarán en consideración las recomendaciones más relevantes respecto a redes GPON.

##### **Recomendación UIT 984.1**

Especifica las características generales de funcionamiento de las redes GPON, incluyendo los términos, las definiciones, las abreviaturas, y el tipo de interfaz de los elementos que constituyen una red GPON. Además describe los diferentes escenarios que se suscitan al desplegar una red con las características GPON.

##### **Recomendación UIT 984.2**

Especifica la capacidad de la red para soportar las necesidades de velocidad de transmisión para servicios en empresas y abonados particulares, tanto el medio físico y método de transmisión. Se describen sistemas de redes ópticas pasivas con capacidad de gigabits (GPON) simétricas y asimétricas (ascendentes/descendentes). Además, se proponen los requisitos de la capa física y las especificaciones de la capa dependiente de los medios físicos (PMD). La capa de convergencia de transmisión (TC) y el protocolo de determinación de distancia para los sistemas. Establece sistemas con velocidades de transmisión nominales de 1244,160 Mbit/s y 2488,320 Mbit/s en sentido descendente y 155,520 Mbit/s, 622,080 Mbit/s, 1244,160 Mbit/s y 2488,320 Mbit/s en sentido ascendente.

### **Recomendación UIT 984.3**

Describe la capa de convergencia de transmisión de redes ópticas pasivas con capacidades en gigabits, para proporcionar servicios de banda ancha y de banda estrecha, con las siguientes velocidades de transmisión asimétricas:

- ✓ 0,15552 Gbit/s ascendente, 1,24416 Gbit/s descendente.
- ✓ 0,62208 Gbit/s ascendente, 1,24416 Gbit/s descendente.
- ✓ 1,24416 Gbit/s ascendente, 1,24416 Gbit/s descendente.
- ✓ 0,15552 Gbit/s ascendente, 2,48832 Gbit/s descendente.
- ✓ 0,62208 Gbit/s ascendente, 2,48832 Gbit/s descendente.
- ✓ 1,24416 Gbit/s ascendente, 2,48832 Gbit/s descendente.
- ✓ 2,48832 Gbit/s ascendente, 2,48832 Gbit/s descendente.

### **Recomendación UIT 984.4**

Describe la terminación de la red óptica de gestión y la interfaz de control (OMCI) en fibra hasta el hogar y fibra hasta el negocio, adicionalmente especifica las entidades gestionadas de una base de información de gestión independiente del protocolo (MIB) que modela el intercambio de información entre la terminación de línea óptica (OLT) y la terminación de red óptica (ONT).

Los servicios para la operación de una red GPON, en la gestión de fallos y gestión de rendimientos son:

- ✓ Capa de transferencia asíncrona (ATM).
- ✓ Método de encapsulación
- ✓ Servicio de emulación de circuitos
- ✓ Servicios de voz
- ✓ Multiplexación por longitud de onda.

### **Recomendación UIT 984.5**

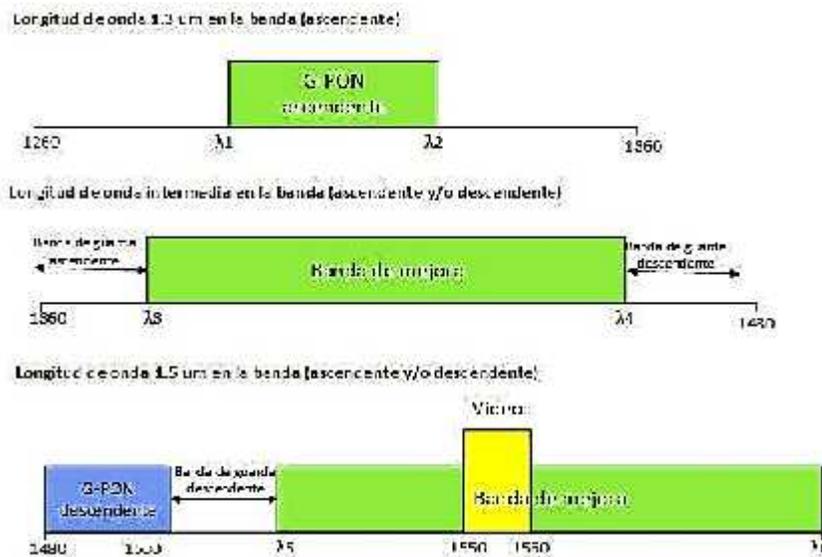
Describe los rangos de longitud de onda reservadas para aplicaciones adicionales, señales que se superponen a través de multiplexación por división de longitud de onda (WDM) en redes ópticas

GPON para maximizar el valor de las redes de distribución óptica (ODN). Define y establece lo siguiente:

- ✓ Longitud de onda a ser reservados
- ✓ La sensibilidad óptica mínima requerida en las unidades de red PON óptica (ONUS).

El rango de longitud de onda de la señal descendente GPON (sistema de una sola fibra) se especifica en 1480 nm a 1500 nm y la de la señal ascendente GPON (sistema de una sola fibra) se especifica en 1260 nm a 1360 nm. Se conoce como la "banda base" las bandas reservadas se les conoce como la "banda de mejora". Las solicitudes para la banda de mejora incluyen los servicios de vídeo y servicios de nueva generación.

Las longitudes de onda de seguridad o denominado banda de mejora, separa el canal ascendente y el canal descendente en GPON, se utiliza para evitar la interferencia entre las señales de estas dos bandas, ya que provoca degradación de la señal entre sí (Figura 19-1).



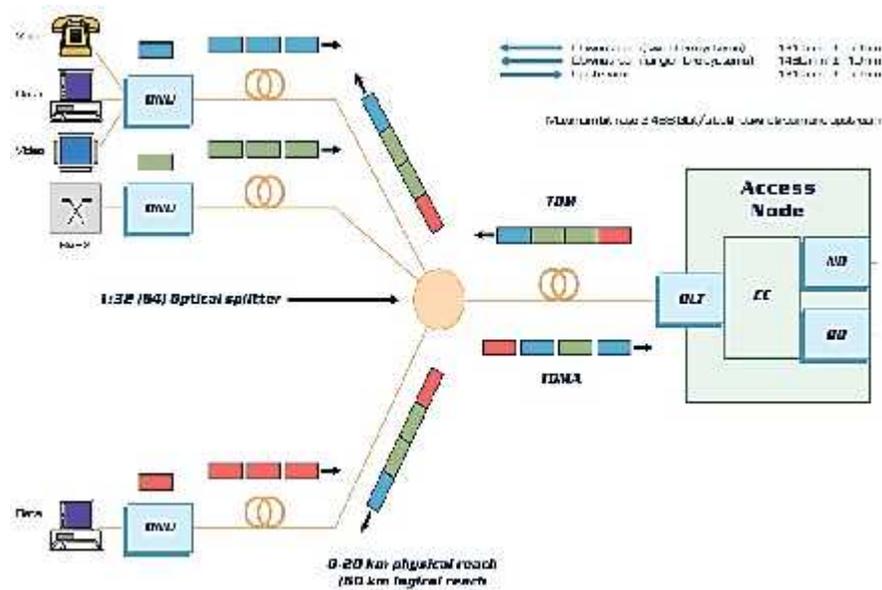
**Figura. 19-1 Distribucion de Longitudes de Onda para GPON**

Fuente:[http://wikitel.info/wiki/UA-Redes\\_PON\\_GPON\\_derivados](http://wikitel.info/wiki/UA-Redes_PON_GPON_derivados)

### 1.3.4.3 Protocolos usados para redes GPON

La transmisión se realiza entre OLT y múltiples ONTs utilizando la red de fibra óptica común. En esta red de fibra están presentes los divisores ópticos que son los responsables de encaminar la

señal procedente de la OLT a cada una de las ONT, en los cuales se utiliza dos métodos de transmisión TDM y TDMA.



**Figura. 20-1 Acceso GPON mediante TDM Y TDMA**

Fuente: <http://docplayer.es/8531085-Universidad-tecnica-particular-de-loja-area-tecnica.html>

### 🚦 Multiplexación por División de Tiempo (TDM)

Es donde todos los datos se transmiten a todas las ONTs. Cada ONT filtra los datos recibidos y sólo es capaz de acceder a aquellos datos que van dirigidos hacia ella. Es posible cifrar el tráfico que se cursa entre OLT-ONT para que este sea inaccesible a una segunda ONT.

### 🚦 Acceso Múltiple por División de Tiempo (TDMA)

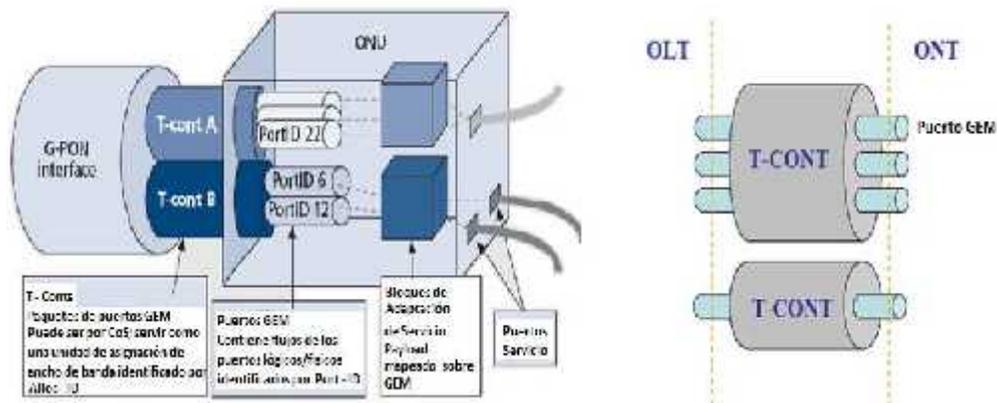
Es donde el OLT controla el canal ascendente, asignando ventanas de tiempo de transmisión a cada ONT. Se requiere un control de acceso al medio para evitar colisiones y para distribuir el ancho de banda entre los usuarios.

Es necesaria la perfecta sincronización de los paquetes ascendentes para que la OLT sea capaz de reconstruir la trama GPON. Por esta razón es necesario que la OLT conozca la distancia a la que se encuentra cada ONT para tener en cuenta el retardo al recibir la información. Además, utiliza de forma eficiente el ancho de banda al disponer de éste en los instantes en el cual hay tráfico y

ampliando la capacidad de los usuarios en forma individual gracias a la técnica conocida como Asignación Dinámica del Ancho de Banda DBA (Dynamic Bandwidth Allocation, por sus siglas en inglés). En el transporte de datos, se ha optado por la aplicación de protocolos usados en estándares previos a GPON como lo es ATM (Asynchronous Transfer Mode, por sus siglas en inglés) Modo de Transferencia Asíncrona y GEM (GPON Encapsulation Method, por sus siglas en inglés).

#### 1.3.4.4 Multiplexación de servicios.

El esquema básico es el siguiente:



**Figura. 21-1 Multiplexación de servicios en redes GPON**

Fuente: IEEE Communications Magazine March 2007, Vol 45 No. 3 "An Introduction to PON Technologies"

- 🚦 GEM Port: Unidad mínima de transporte de servicios.
- 🚦 T-CONT (Transmission Container, por sus siglas en inglés): Se emplea para la transmisión de datos en la trama upstream. También permite realizar asignación dinámica de ancho de banda. Se asignan a la ONT y se identifican por el Alloc-ID.
- 🚦 GPON Interface: Interface GPON hacia la OLT.
- 🚦 ONT Port: Puerto físico de la ONT (se pueden establecer servicios como Ethernet, de POTS, E1s, etc.)

#### 1.3.4.5 Tipos de T-CONT.

- 🚦 T-CONT Type 1: Provee un ancho de banda fijo, y se usa principalmente para servicios tipo

“delay-sensitive”, como por ejemplo los servicios de video y voz.

- 🚦 T-CONT Type 2 y 3: Provee un ancho de banda garantizado, esto es especialmente empleado para servicios de datos que requieran de alta prioridad, pudiendo ser transferencias bancarias, etc.
- 🚦 T-CONT Type 4: Provee un ancho de banda “best effort”, y es utilizado principalmente para la provisión de servicios de datos de baja prioridad como por ejemplo el servicio de internet.
- 🚦 T-CONT Type 5: Este contenedor es una amalgama (mezcla) de todos los tipos de T-CONT, por lo tanto, es capaz de proveer todos los anchos de banda descritos, transportando todo tipo de tráfico.



**Figura. 22-1 Tipos de T-CONT.**

**Fuente:** Redes FTTX “Conceptos y Aplicaciones”, Tutorial 9, Lattanzi y Graf – IEEE.pdf

#### 1.3.4.6 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. 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.

#### 1.3.4.7 Modo de Transferencia Asíncrona (ATM).

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 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 (Public Switched Telephone Network, por sus siglas en inglés).

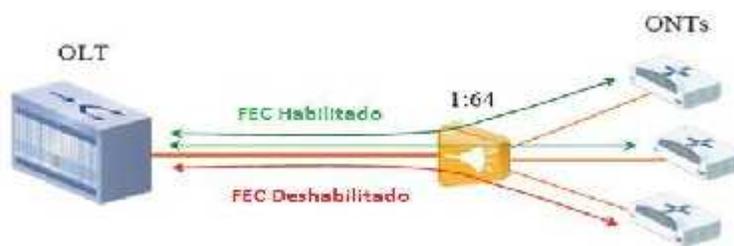
#### 1.3.4.8 Método de Encapsulación GPON (GEM).

Este protocolo de encriptación define las maneras de encapsular la información de longitud variable de diversas señales, para transportarlas por redes SDH (Jerarquía Digital Síncrona) u OTN (Oracle Technology Network, por sus siglas en inglés). 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 sincrónico basado en tramas periódicas de 125 ms. Sirve para optimizar las tecnologías PON de manera que no sólo 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.

#### 1.3.4.9 Corrección de Errores (FEC).

- Es un sistema empleado por GPON para mejorar la calidad de la transmisión.
- Emplea el código Reed – Solomon (RS).
- Es negociado individualmente para cada una de las ONTs.
- Es capaz de mejorar el presupuesto (“Budget”) óptico en 3 dB.
- Usa aproximadamente el 7% del ancho de banda total.

En la siguiente figura se puede apreciar el flujo de comunicación que se establece al momento de emplear este sistema:

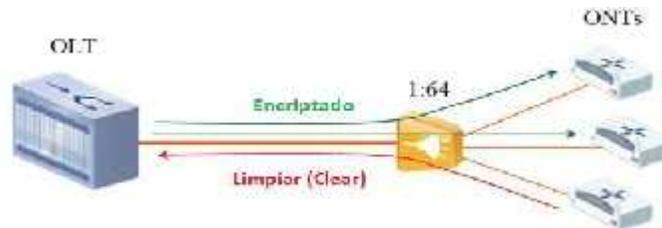


**Figura. 23-1 Flujo de Comunicación en la Aplicación de FEC.**

Fuente: Redes FTTH “Conceptos y Aplicaciones”, Tutorial 9, Lattanzi y Graf – IEEE.pdf

#### 1.3.4.10 Seguridad en el Envío de Datos.

- Se emplea únicamente para el sentido downstream.
- Emplea un algoritmo de encriptación tipo AES.
- Se generan llaves individuales para cada comunicación ONT-OLT.
- Emplea el modo de operación “Counter-Mode” el cual permite incrementar la robustez en cada una de las comunicaciones.



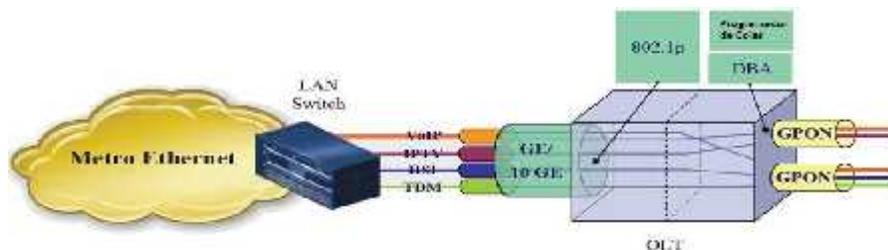
**Figura. 24-1 Esquema de Seguridad para el envío de datos.**

Fuente: Redes FTTX “Conceptos y Aplicaciones”, Tutorial 9, Lattanzi y Graf – IEEE.pdf

#### 1.3.4.11 Calidad de Servicio (QoS).

En este apartado se mencionara proceso que se sigue para que exista calidad de servicio en la OLT y en la ONT.

- Calidad de Servicio (QoS) en la OLT.
- Clasificación de tráfico basado en VLAN/802.1p.
- Existe un “Calendarizado” Scheduling de los servicios, los cuales están basados en la combinación de prioridades por algoritmos de estricta prioridad SP (Strict Priority, por sus siglas en inglés) y de redondeo ponderado WRR (Weighted Round Robin, por sus siglas en inglés).
- Al emplear un algoritmo DBA, se mejora el uso del ancho de banda en sentido upstream.
- El Control de acceso al medio está basado en ACLs, tanto para capa 2 como superiores.

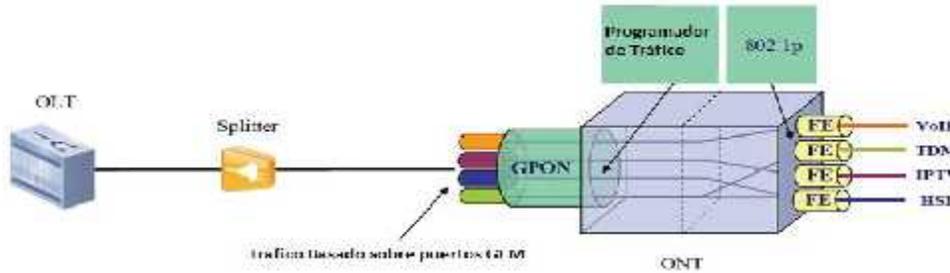


**Figura. 25-1 Calidad de Servicio (QoS) en la OLT**

Fuente: Redes FTTX “Conceptos y Aplicaciones”, Tutorial 9, Lattanzi y Graf – IEEE.pdf

🚩 Calidad de Servicio (QoS) en la ONT.

- Clasificación de tráfico basado en VLAN/802.1p.
- Existe un “Calendarizado” Scheduling de los servicios basados en la combinación de algoritmos de estricta prioridad (SP) y de redondeo ponderado (WRR).
- La transmisión de los servicios se basa en el mapeo en diferentes tipos de T-CONs, lo que repercutirá en una mejora del uso de los enlaces.



**Figura. 26-1 Calidad de Servicio (QoS) en la ONT.**

Fuente: Redes FTTX “Conceptos y Aplicaciones”, Tutorial 9, Lattanzi y Graf – IEEE.pdf

1.3.4.12 Proceso de Activación (Serial Number - SN).

- En primera instancia la OLT detendrá a todas las ONTs ya registradas.
- Luego enviará un mensaje del tipo “Request” a las ONT que estén en el proceso de SN.
- Cada ONT responderá a esta petición informando su propio SN.
- A continuación se produce la asignación de un ID único para cada ONT.
- Este último paso puede ser realizado en forma automática o en forma manual.



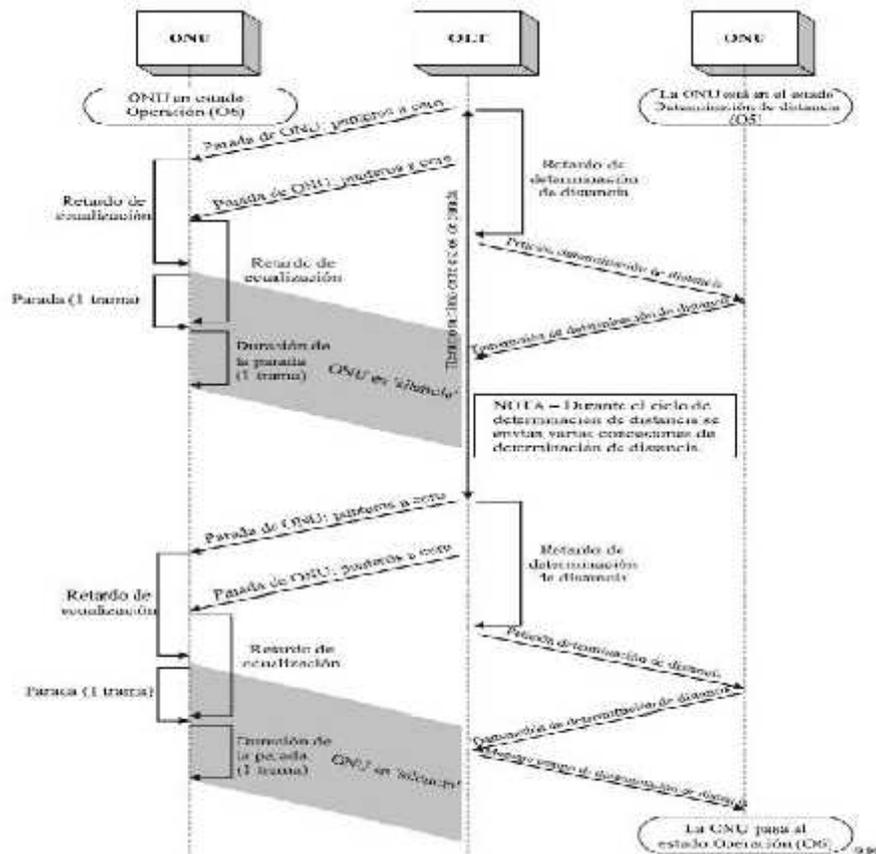
**Figura. 27-1 Proceso de Adquisición del Serial Number.**

Fuente: Recomendación ITU-T G.984.3.

### 1.9.12 Proceso de Activación (Ranging).

En términos generales se puede decir que el proceso de ranging es empleado para evitar colisiones de los datos debido a que éste se encarga de medir o calcular un retardo (delay) específico para cada una de las ONU. En la Figura 28-1, se puede apreciar este proceso siendo como principales acciones las siguientes:

- El Ranging se encarga de medir el tiempo de propagación (round-trip delay) para cada ONT.
- La OLT envía un mensaje de ranging a cada ONT ("Ploam").
- La ONT de manera inmediata envía un mensaje de respuesta a la OLT.
- La OLT calcula el tiempo de propagación entre la ONT – OLT y envía una adaptación del delay a la ONT.
- La ONT necesita la adaptación del tiempo de retraso (delay) para así prevenir posibles colisiones en la interface PON al momento de enviar datos en el sentido upstream.



**Figura. 28-1** Proceso de Ranging

Fuente: Recomendación ITU-T G.984.3.

Existen 2 tipos de ranging:

- Ranging Áspero (coarse ranging): empleado como secuencia inicial.
- Ranging Fino (ranging fine): usado como retardo.

### 1.9.13 Operación, Administración y Mantenimiento (OAM).

Existen básicamente dos esquemas de OAM descritos a continuación:

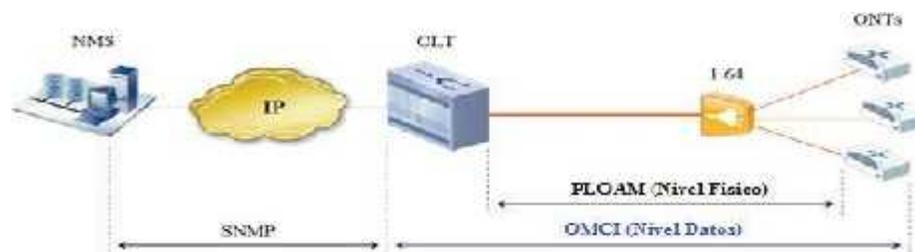
#### 🚦 PLOAM (Physical Layer OAM).

- Gestión de alertas y alarmas.
- Se encarga del aseguramiento del Ancho de Banda.
- Soporta DBA.
- Existe Encriptación.

#### 🚦 OMCI (Optical Management & Control Interface).

- Existe un Control desde la OLT para cada una de las ONTs.
- Se puede realizar Configuración Remota.
- Monitoreo de rendimiento.
- Notificaciones y Alarmas.

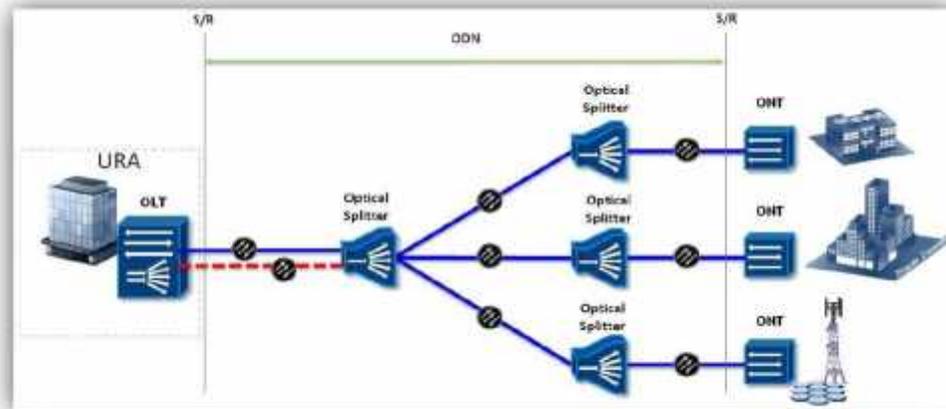
A manera gráfica se lo puede representar:



**Figura. 29-1 Proceso de Operación, Administración y Mantenimiento (OAM).**

Fuente: Redes FTTH “Conceptos y Aplicaciones”, Tutorial 9, Lattanzi y Graf – IEEE.pdf

### 1.3.4.13 Arquitectura de red GPON



**Figura. 30-1** Arquitectura de una Red GPON

Fuente: CNT E.P., *Parte I Diseño de ODN para red GPON*, Septiembre 2012

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. GPON tienen costo efectivo menor que las redes punto a punto. En el acceso óptico de última milla esto implica mucho más que un costo atractivo, permitiendo satisfacer una mayor cantidad de demandas por servicios y atender potenciales demandas hasta entonces no atendidas en vista de sus necesidades por banda ancha.

GPON consiste principalmente de una OLT situado en una URA (Unidad Remota de Abonado) o Central Office Interconectada a una ONT a través de una red pasiva conocida como ODN, en el camino las señales de la fibra son "distribuidas" a través de la utilización de splitters. Al elegir una ubicación para la instalación de los splitters, hay que tener en cuenta la relación división / eficiencia de desarrollo, principalmente para dejar preparada la red para el surgimiento de futuras adaptaciones de esta tecnología.

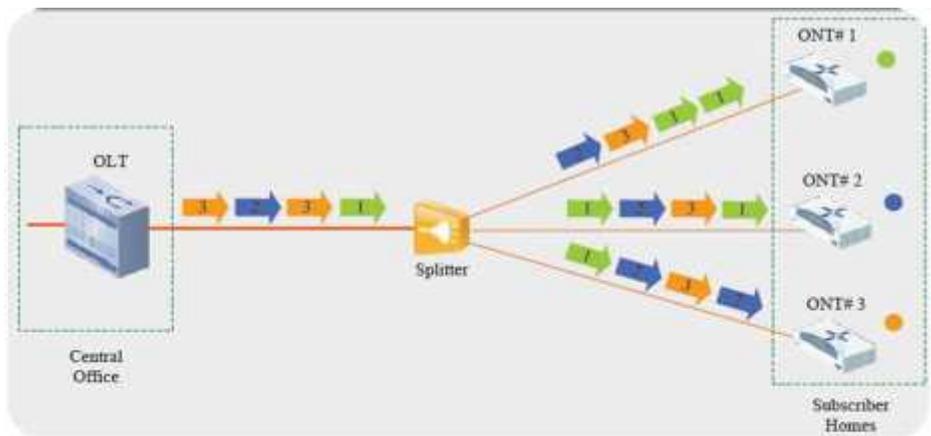
La aparición de las futuras migraciones tecnológicas, implica que el sistema tendrá potencial de ser reconfigurado para aceptar nuevos tipos de transmisión, sin necesidad de reconstrucción de las redes de distribución óptica (ODN). Las longitudes de onda están relacionadas con el Upstream y el Downstream 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 1-1:

**Tabla 1-1 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

Fuente: <http://es.scribd.com/doc/272008216/Estudio-y-Diseno-de-Una-Red-de-Acceso-Gpon>

El funcionamiento de la red GPON Downstream 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. 31-1 Principio GPON Transmisión Downstream Tipo Broadcast**

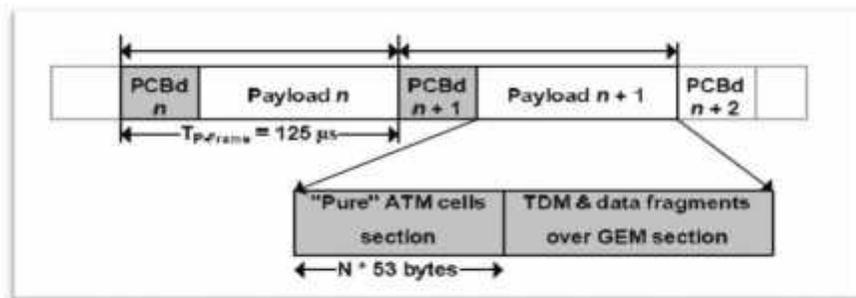
Fuente: <http://es.scribd.com/doc/272008216/Estudio-y-Diseno-de-Una-Red-de-Acceso-Gpon-Para-Los#scribd>

#### 1.3.4.14 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 es de  $125\mu\text{s}$  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.

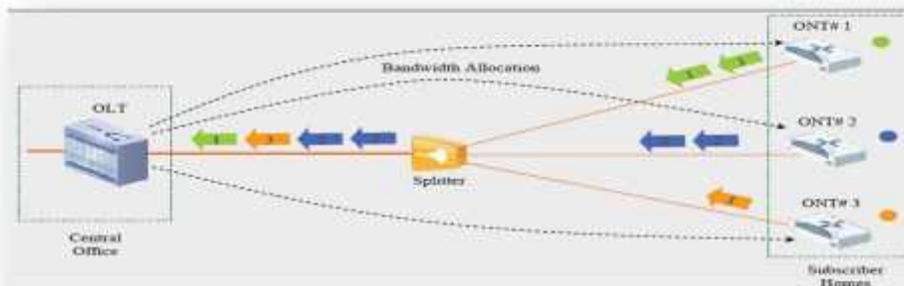


**Figura. 32-1 Formato de la Trama Downstream**

Fuente: <http://es.scribd.com/doc/272008216/Estudio-y-Diseno-de-Una-Red-de-Acceso-Gpon-Para-Los#scribd>

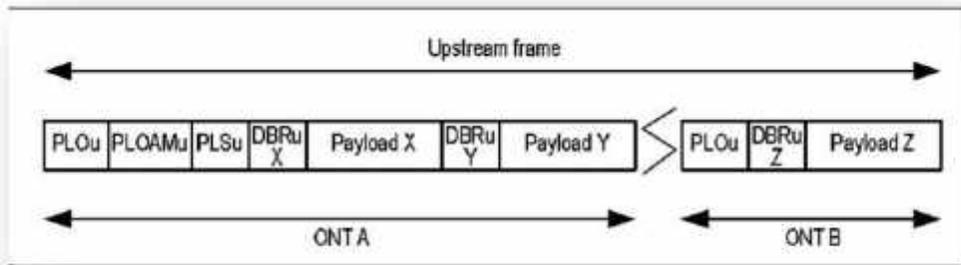
#### 1.3.4.15 Trama upstream

El funcionamiento de la Red GPON Upstream 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. 33-1 Principio GPON Transmission Upstream Sincronizado por la OLT**

Fuente: <http://es.scribd.com/doc/272008216/Estudio-y-Diseno-de-Una-Red-de-Acceso-Gpon-Para-Los#scribd>



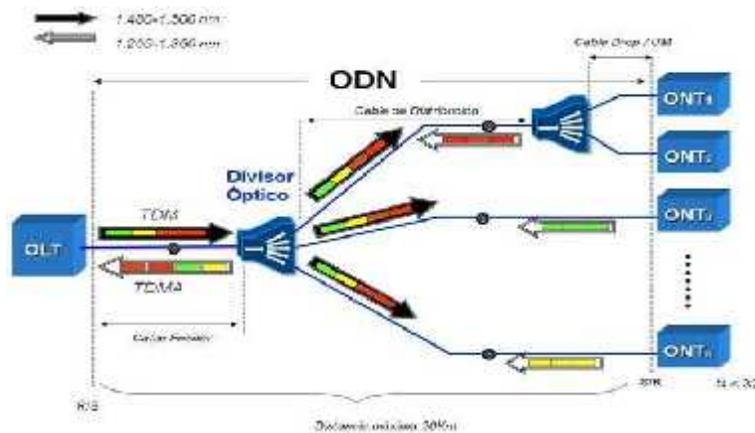
**Figura. 34-1 Formato de trama Upstream**

**Fuente:** <http://es.scribd.com/doc/272008216/Estudio-y-Diseño-de-Una-Red-de-Acceso-Gpon-Para-Los#scribd>

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 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.

#### 1.3.4.16 Modelo de referencia



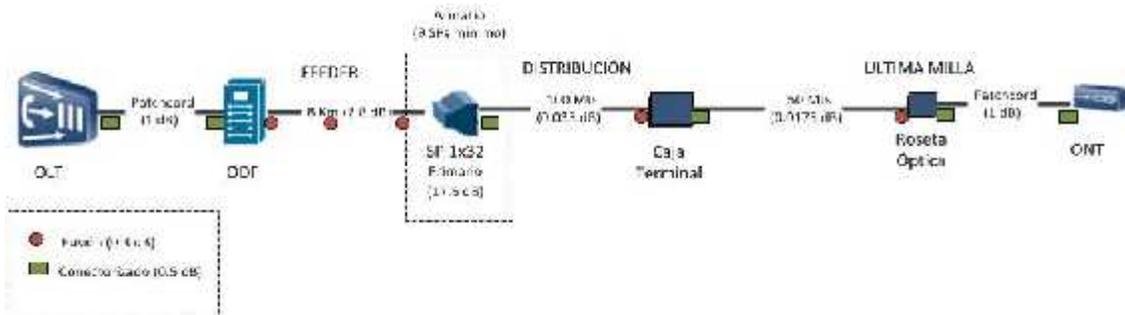
**Figura. 35-1 Modelo de Referencia**

**Fuente:** CNT E.P., PARTE I DISEÑO DE ODN PARA RED GPON, Septiembre 2012

En la Figura. 35-1 se muestra la configuración de trabajo que presenta la red GPON, la cual es bidireccional y presenta dos esquemas de transporte: modelo descendente con broadcast (TDM) y modelo ascendente con TDMA.

#### 1.3.4.17 Descripción de la infraestructura GPON

Consiste principalmente en un Terminal de Línea Óptico (OLT) situado en una Oficina Central (CO) interconectado por una Red de Distribución Óptica (ODN) a un nodo o un Terminal de Red Óptico (ONT). Un esquema de red GPON típica para masivos se muestra en la Figura.36-1.



**Figura. 36-1 Esquema de Red GPON**

Fuente: CNT E.P., *PARTE I DISEÑO DE ODN PARA RED GPON*, Septiembre 2012

Las tecnologías GPON pueden aplicar varias topologías de conexión que variarán en dependencia de la situación del terreno. Algunas topologías multipunto más utilizadas son:

#### En Bus

En esta topología, 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. 37-1. 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.

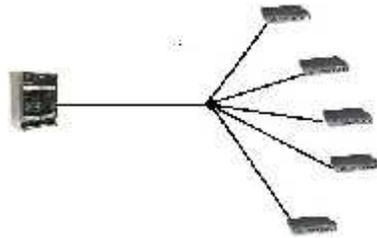


**Figura. 37-1 Topología en Bus**

Fuente: [http://infycomiiijulian14.blogspot.com/2010\\_06\\_01\\_archive.html](http://infycomiiijulian14.blogspot.com/2010_06_01_archive.html)

### En árbol

Su estructura consiste en la interconexión del nodo central con un divisor óptico mediante tan solo un tramo de fibra (Figura. 38-1). 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.

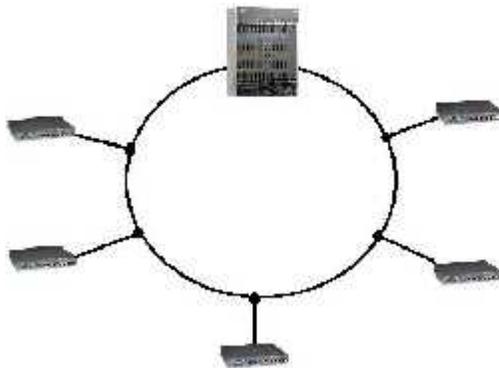


**Figura. 38-1 Topología en árbol.**

Fuente: <http://israelmolinaamo.blogspot.com/2015/05/topologias-de-bus-anillo-estrella-arbol.html>

### 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.3-4. 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. 39-1 Topología en anillo**

Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos53/topologias-red/topologias-red.shtml>

### 1.3.5 Terminal de Línea Óptico (OLT)

Es el equipo que interconecta la red ODN con la red MPLS, a través de las puertas de uplink, que en un principio tienen una capacidad de 1 Gbps. Las puertas de uplink agrupan el tráfico de todas las ONTs conectadas a cada puerta PON de la OLT. Las OLTs a su vez son las encargadas de administrar y sincronizar el tráfico que va hacia las ONTs en modalidad TDM; tráfico que se transmite por la red ODN y se replica por todas las puertas de los splitters que estén asociados a la puerta PON.

Así mismo, la OLT es la encargada de gestionar, sincronizar y administrar el tráfico que viene desde las ONTs en modo TDMA en ráfagas de tráfico sincronizado que permite compartir el canal de retorno por varias ONTs.

Un layout típico de una OLT se muestra en la Figura 40-1.



**Figura. 40-1 Layout OLT**

Fuente: CNT E.P., *PARTE I DISEÑO DE ODN PARA RED GPON*, Septiembre 2012

Una OLT está compuesta por un chasis, una tarjeta de ventiladores (fan tray), tarjetas de poder (slots 21 y 22), tarjetas de gestión y control (slot 9 y 10), tarjetas de uplink (slots 19 y 20), tarjetas de servicios (slots 1 al 8 y 11 al 16) y tarjetas de 16 x E1s para tráfico de telefonía (slots 17 y 18).

La interconexión de la ruta principal y respaldo de un splitter primario a la OLT, se hace en

tarjetas distintas. Es por esto que se definen zonas de servicio GPON que relacionan las puertas PON, los hilos de fibra óptica de la ruta principal y fibra óptica de respaldo que alimentan el splitter primario y el splitter secundario. El desarrollo de la tecnología GPON ha permitido concentrar el número de puertas PON a 8 puertas por tarjeta.

La nomenclatura que se empleará en las OLT para identificar las zonas de servicio es:

**ZS-N: Shelf/Slot/Port (Working) & Shelf/Slot/Port (Protection)**

Por ejemplo en Tabla 2-1, si se implementara una OLT con 4 tarjetas PON de 8 puertos se tendrían 16

**ZS:**

**Tabla 2-1 Ejemplo OLT con 4 Tarjetas Pon de 8 Puertos**

	<b>Shelf/Slot/Port (W)</b>	<b>Shelf/Slot/Port (P)</b>
<b>ZS-1</b>	0/1/0	0/2/0
<b>ZS-2</b>	0/1/1	0/2/1
<b>ZS-3</b>	0/1/2	0/2/2
<b>ZS-4</b>	0/1/3	0/2/3
<b>ZS-5</b>	0/1/4	0/2/4
<b>ZS-6</b>	0/1/5	0/2/5
<b>ZS-7</b>	0/1/6	0/2/6
<b>ZS-8</b>	0/1/7	0/2/7
<b>ZS-9</b>	0/3/0	0/4/0
<b>ZS-10</b>	0/3/1	0/4/1
<b>ZS-11</b>	0/3/2	0/4/2
<b>ZS-12</b>	0/3/3	0/4/3
<b>ZS-13</b>	0/3/4	0/4/4
<b>ZS-14</b>	0/3/5	0/4/5
<b>ZS-15</b>	0/3/6	0/4/6
<b>ZS-16</b>	0/3/7	0/4/7

**Fuente:** CNT E.P., *PARTE I DISEÑO DE ODN PARA RED GPON*, Septiembre 2012

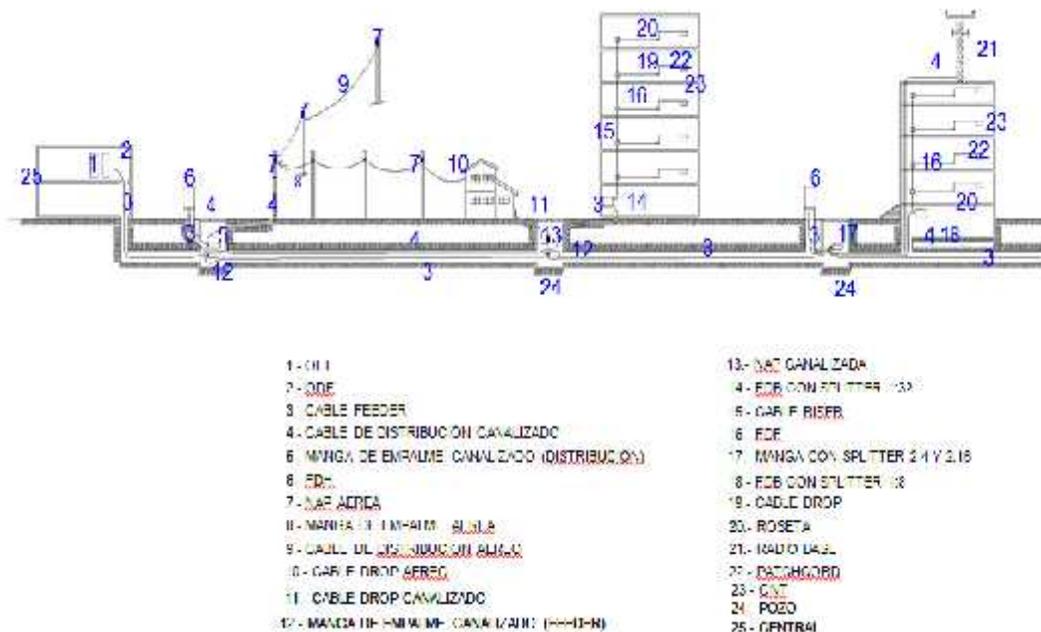
Una OLT típica para rack's de 19'', tiene una capacidad máxima de 14 tarjetas de servicio con 8 puertas PON cada una para tráfico IP y adicionalmente dos slots para servicios E1. Para tráfico IP se puede tener entonces  $(14/2) \times 8 = 56$  zonas de servicio por OLT en caso de que la OLT trabaje en modo working-protection. De esta manera las Zonas de Servicio (ZS-N: Shelf/Slot/Port (Working) & Shelf/Slot/Port (Protection)) quedan pre-asignadas independientemente de las tarjetas con que se habilite la OLT:

## ZS-N: Shelf/Slot/Port (Working) & Shelf/Slot/Port (Protection)

### 1.3.6 Red de distribución óptica ODN

En el contexto PON, corresponde al anillo de fibra óptica, o cable feeder (alimentación), que conecta la puerta principal y la de respaldo del splitter primario 2xn; y si el nivel de atenuación lo permite, a través de cables de distribución se conectan los splitters secundarios del tipo 1xn, para llegar a las ONTs a través de una caja de distribución y cables Drop o de acometida.

La ODN está compuesta por los siguientes elementos en forma general:



**Figura. 41-1 Elementos de la ODN**

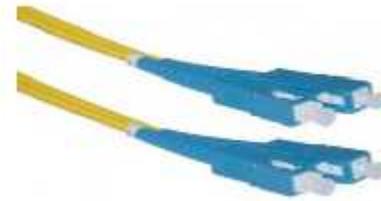
Fuente: CNT E.P., *PARTE I DISEÑO DE ODN PARA RED GPON*, Septiembre 2012

La ODN es pasiva, no tiene elementos activos o energizados. La OLT por su lado y las ONTs por otro son las encargadas de inyectar las señales ópticas a la ODN.

#### 1.3.6.1 Cable Patch Cord

Es el cable de conexión que se usa en redes de computadoras o sistemas informáticos o electrónicos para conectar un dispositivo electrónico con otro. Son conectados entre el equipo activo y el ODF

en su porción interna, y patch cords frontales ODF a ODF, permitiendo una administración de puertos del equipo activo simplemente cambiando patch cords de posición.



**Figura. 42-1 Cable Patch Cord**

**Fuente:** <http://articulo.mercadolibre.com.ec/MEC-408174345-cable-patch-cord-de-fibra>

### 1.3.6.2 *Cable Feeder*

Corresponde al cable, o grupo de cables que contienen el filamento de fibra óptica que interconecta las puertas PON de la OLT con las puertas de entrada del splitter primario.



**Figura. 43-1 Cable Feeder**

**Fuente:** <http://exlanta.com/1.html>

### 1.3.6.3 *Cable distribución*

Corresponde al que contiene el filamento de fibra óptica que interconecta un splitter primario y un splitter secundario en caso de existir.

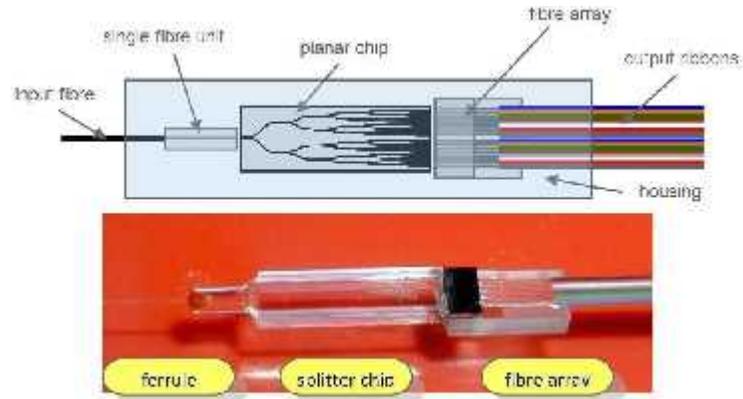


**Figura. 44-1 Cable de Distribución**

**Fuente:** <http://protelbol.com/Descargas/catalogos/Fibra-optica/Cable-optico- Dielrtrico-ADSS.pdf>

### 1.3.6.4 Splitters

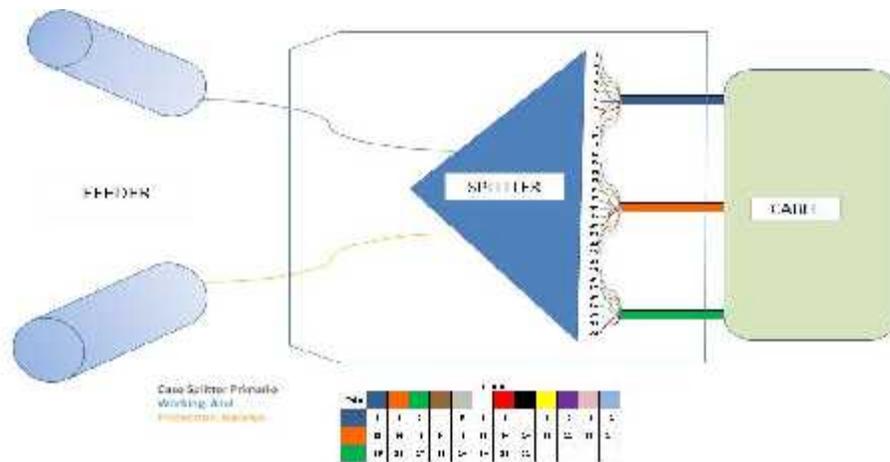
Son elementos ópticos pasivos que a través de una o dos entradas, replican por sus salidas, la señal óptica que ingresa, introduciendo niveles de atenuación que se incrementan a medida que la cantidad de puertas de salida aumenta como muestra la Figura 45-1.



**Figura. 45-1 Descripción de un Splitter**

Fuente: CNT E.P., *PARTE I DISEÑO DE ODN PARA RED GPON*, Septiembre 2012

Se conoce como *Splitter primario* a aquel que tiene ruta de fibra óptica respaldada. Y son del tipo  $2 \times n$ , siendo  $n$  igual a 2, 4, 8, 16 y 32. Y el *Splitter secundario* a aquel que no tiene ruta de FO respaldada. Y son del tipo  $1 \times n$ , siendo  $n$  igual a 4, 8, 16 y 32. Los splitters al igual que los cables de FO, deben respetar el código de colores. El detalle se muestra en la Figura 46-1.



**Figura. 46-1 Código de colores para Splitter**

Fuente: CNT E.P., *PARTE I DISEÑO DE ODN PARA RED GPON*, Septiembre 2012

### 1.3.6.5 Distribuidor de Fibra Óptica (ODF)

Es un gabinete metálico que permite la distribución organizada de fibra óptica, permite habilitar los hilos de fibra óptica del cable instalado a fin de conectarlos físicamente hacia las interfaces de los equipos de transmisión. Dentro del ODF se puede almacenar cierta cantidad de fibra, esto depende del número de vueltas de diferente radio que se dé a la fibra óptica. La entrada de las fibras se realiza por la parte posterior y/o lateral izquierda de la bandeja. El ordenamiento de las fibras y los empalmes se lleva a cabo sobre la unidad organizadora (MDU).



**Figura. 47-1 ODF**

Fuente: <http://www.cablurioptice.ro/produse/ODF-PATCH-PANEL>

### 1.3.6.6 Armario (FDH)

Los hubs de distribución de fibras ópticas están ubicados en un determinado punto del distrito y es el lugar de conexión entre la red de feeder y la red de distribución por medio de splitters de 1xn. Permiten en forma separada las ampliaciones de red feeder y de red de distribución.



**Figura. 48-1 Hub de Distribución de Fibra Típico (FDH)**

Fuente: [http://wikitel.info/wiki/UA-FTTX\\_PON](http://wikitel.info/wiki/UA-FTTX_PON)

#### 1.3.6.7 *Caja de Distribución Óptica NAP*

Es un punto de conexión entre la red de distribución y las conexiones individuales de cada abonado. Constituyen además puntos de corte para labores de operación y mantenimiento.



**Figura. 49-1 Caja de Distribución Óptica NAP**

**Fuente:** <http://www.furukawa.com.br/ar/productos/caixa-de-emenda/caja-de-terminacion-optica-fk-cto-16mc-826.html>

#### 1.3.6.8 *Zona de Servicio*

La zona de servicio está compuesta por las puertas PON, las posiciones en el ODF, los filamentos del cable de FO que interconectan las puertas working y protection del splitter principal a la puerta PON y el splitter principal.

#### 1.3.6.9 *Red feeder (troncal)*

Interconecta el distribuidor (ODF) con los Armarios, FDB o mangas, está constituida por cables de fibra óptica que parten de la central y se dividen hacia elementos de distribución. Generalmente van por canalización en subductos, es la parte troncal de la red.

#### 1.3.6.10 *Red de distribución*

Es la red que une el armario de distribución (FDH o FDB) y las cajas de distribución (NAP) y está constituida por splitters, cables de fibra óptica aéreos, murales, subterráneos, empalmes y cajas de distribución.

#### 1.3.6.11 *Red de distribución interna*

Es la red que une la caja de distribución principal (FDB) y las cajas de distribución secundaria (FDF).

#### 1.3.6.12 *Red de dispersión*

Son los cables de fibra óptica que van desde la caja de distribución óptica (NAP) hasta la roseta óptica. Esta se divide en dos tramos, el primero hasta un punto de transición (FDF) y luego continúa con un cable tipo interior en casa del abonado terminando en la roseta.

#### 1.3.7 *Terminal de Red Óptico (ONT)*

Es un dispositivo de abonado único interconectado a la ODN, para servicios de interfaz con el cliente. Una ONT es un caso especial de una ONU. Tenemos dos tipos de ONTs, como ejemplo se muestra en la Figura 50-1 del tipo de sobremesa para los servicios masivos/corporativos.



**Figura. 50-1** ONT de Mesa

**Fuente:** CNT E.P., *PARTE I DISEÑO DE ODN PARA RED GPON*, Septiembre 2012

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 EI o STM-I* específicos para brindar servicios corporativos.

#### **1.4 Modelo de Cálculo de Enlace para Accesos GPON**

La incorporación de los splitters a la red de FO, elementos que dividen la señal óptica, introduce un concepto que es crítico al momento del despliegue de la red GPON, esto es la atenuación que se puede presentar en la red ODN. Los elementos que aportan a la atenuación de la señal son: los ODFs, los conectores, las fusiones, los splitters cuya atenuación depende del número de puertos en que se divida la señal; y la FO propiamente dicha, cuya atenuación depende de la longitud de onda de medición.

Se considera la longitud total del ODN, a la suma del Feeder + Distribución + Última Milla. Esto con el objeto que el modelo sea aplicable a la generalidad de los casos que se puedan presentar.

El modelo que se presenta en este documento se basa en valores teóricos obtenidos de los proveedores de los elementos que componen la red ODN. La idea es ir retroalimentando el modelo en la medida que se vayan recopilando datos empíricos de ésta red.

Los valores umbrales usados se basan en la Norma ITU-T G.984 que define las redes GPON. En base a lo anterior se definen los siguientes valores:

- a. Longitud de Onda Downstream: 1490 [ m]
- b. Longitud de Onda Upstream: 1310 [ m]
- c. Pérdida Promedio Downstream por kilómetro de F.O.: 0,25 [dB]
- d. Pérdida Promedio Upstream por kilómetro de F.O.: 0,35 [dB]
- e. Promedios Mínimos y Máximos de Emisión, Sensibilidad, Saturación.

Es importante aclarar que en la conexión entre OLT y ONT, la norma G.984.2 define umbrales Mínimos y Máximos de Potencia Óptica, por lo que estos valores son los que determinarán los puntos de corte, tanto para establecimiento y caída de conexión, como de saturación.

En definitiva lo que hace el Modelo de Cálculo es relacionar la Potencia Emitida con la Sensibilidad y la Atenuación (Pérdidas de Potencia Óptica entre ambos extremos).

**VALORES DE UMBRAL EN OLT:**

Potencia Mínima de Emisión: +1,5 [dBm]

Potencia Máxima de Emisión: +5 [dBm]

Sensibilidad Mínima: -28 [dBm]

Saturación en Rx: Para Potencia recibida mayor a -8 [dBm]

**VALORES DE UMBRAL EN ONT:**

Potencia Mínima de Emisión: +0,5 [dBm]

Potencia Máxima de Emisión: +5 [dBm]

Sensibilidad Mínima: -27 [dBm]

Saturación en Rx: Para Potencia recibida mayor a -8 [dBm]

f. En la Tabla 3-1 se puede apreciar las pérdidas promedio según modularidad de Splitter usado:

**Tabla 3-1 Pérdidas por Tipo de Splitter**

<b>Tipo Splitter</b>	<b>Atenuación (Db)</b>
1:2	4,3
1:4	7,6
1:8	11,1
1:16	14,1
1:32	17,5
1:64	20,8
2:4	7,9
2:8	11,5
2:16	14,8
2:32	18,5
2:64	21,3

**Fuente:** CNT E.P., *PARTE I DISEÑO DE ODN PARA RED GPON*, Septiembre 2012

g. Pérdidas adicionales por Inserción:

Estas pérdidas corresponden a valores promedios para cada uno de los Componentes Ópticos Pasivos.

Mangas: 0,3 [dB]

Conectores: 0,5 [dB]

ODFs: 0,5 [dB]

Se consideró un promedio de 1 manga por cada 2 km.

h. Margen de resguardo:

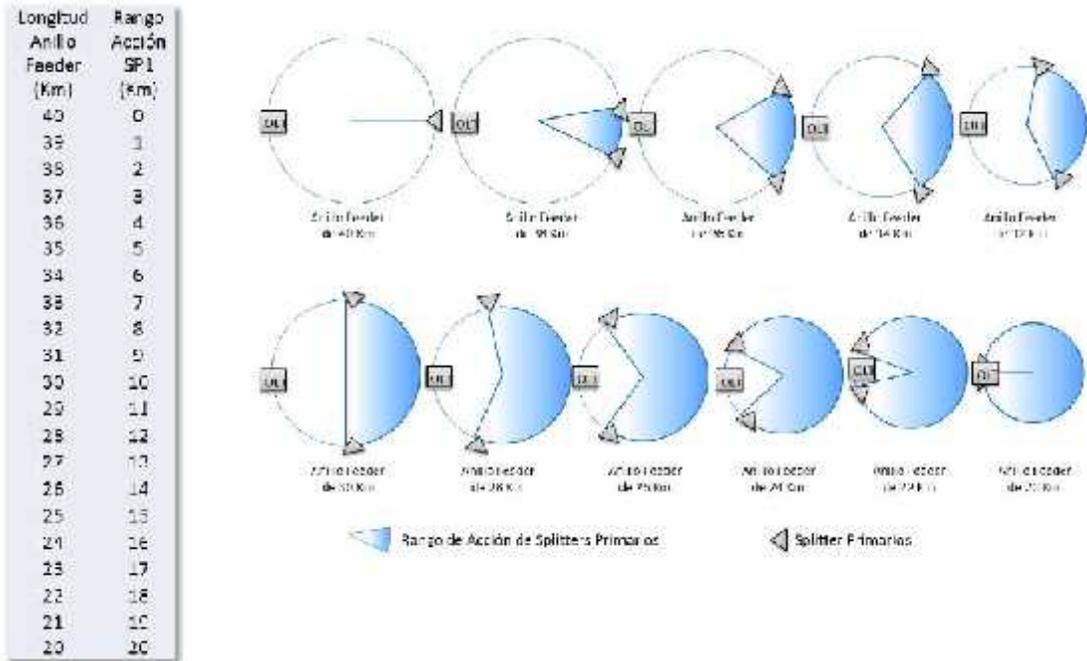
Se establece un margen de resguardo de 3 dB. Este margen tiene por objeto absorber las posibles modificaciones que se presenten a futuro en el tendido de la red, y que impliquen aumento en la atenuación de las ODNs.

**1.4.1 Definiciones y supuestos considerados en el modelo de cálculo.**

-  La distancia máxima entre OLT y ONT no debe superar los 20 Km: La suma de la longitud de FO Feeder, más la FO Distribución, más la FO de UM no debe ser mayor a 20 Km.
-  Para el Feeder se debe considerar la ruta de mayor longitud en el cálculo, ya sea la ruta principal o la de respaldo. Esta restricción obedece a la necesidad que tiene la OLT de absorber las diferencias de retardo que se pueden presentar entre ONTs instaladas a distintas distancias y/o atenuaciones, para una misma puerta PON.
-  La atenuación máxima de la red ODN no debe superar los 28 dB. Esta restricción obedece a los umbrales de trabajos de los equipos OLT y ONT, para lo cual se considera el peor caso en cuanto a niveles de atenuación.

**1.4.2 Longitud máxima de anillos para Feeder.**

En relación a la longitud de los anillos del Feeder, se debe tener presente que mientras mayor sea la longitud del anillo, se reduce el rango de acción donde se pueden instalar los splitters primarios, con un tope máximo de 40 Km. Ver figura 51-1.



**Figura. 51-1 Longitud Máxima de Anillos para Feeder**

Fuente: CNT E.P., *PARTE I DISEÑO DE ODN PARA RED GPON*, Septiembre 2012

## 1.5 Infraestructura para tendido de redes de fibra óptica

Tomaremos en consideración los componentes que permiten la conexión de la fibra óptica con los equipos o dispositivos.

### 1.5.1 Herrajes

Son componentes que permiten fijar el paso de cualquier tipo de cable, existen varias categorías de herrajes según sea el uso. En el caso de fibra óptica se usan dos tipos de herrajes para un tendido aéreo de los cuales existen dos clases:

**Herrajes tipo A** se colocan en el poste por donde pasa el tendido de fibra óptica, que realiza el paso en un ángulo menor a 180 grados, este tipo de herrajes se colocan en el inicio y fin de trayecto.

**Herrajes tipo B** se colocan en el poste por donde pasa el tendido de fibra óptica, en línea recta con tramos menores de 90 metros.

**Herrajes de pozo** son kits de accesorios que facilitan el tendido de fibra óptica dentro ductos subterráneos, permiten sujetar el cable a la pared y sostener el peso para facilitar el ordenamiento, la revisión y reparación de la fibra óptica.

### 1.5.2 Conectores de Fibra óptica

Son componentes que permiten la conexión de la fibra óptica con los equipos o dispositivos que poseen la interfaz de fibra óptica. Los cuales se encuentran tanto para interconectar fibras ópticas monomodo y multimodo, estos adaptadores deben cumplir que las pérdidas de inserción sean menores o iguales a 0,4 dB.



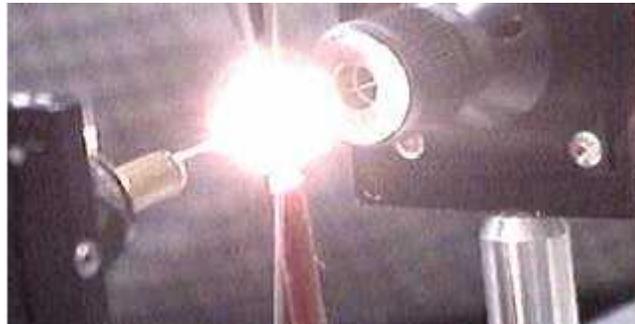
**Figura. 52-1 Tipos de Conectores para Fibra Óptica**

Fuente: <http://listado.mercadolibre.com.ec/computacion-redes-cables-fibra-optica>

### 1.5.3 Empalmes

Corresponde a la fusión óptica y mecánica entre dos tramos de fibra óptica, permitiendo la continuidad de la transmisión entre los tramos fusionados. Las pérdidas por fusión que se dan en los empalmes se consideran en 0.03 y 0.05 dB.

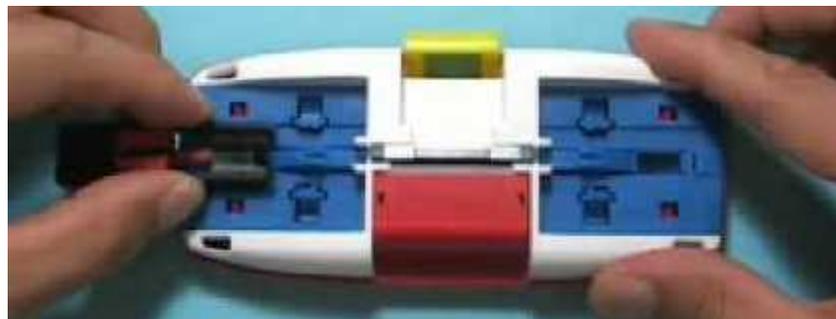
- **Empalmes por fusión.-** Consiste en la unión permanente de las fibras mediante la fusión y unión de las mismas, anterior a la fusión de las fibras se calientan previamente para eliminar ciertas impurezas, y evitar la formación de burbujas. El empalme se realiza cuando las fibras a unir llegan a una temperatura suficientemente alta como para fundirse. La duración del proceso pueden estar en 1 minuto, luego se protege la zona del empalme con manguito (termo-contráctil) el cual se recubre con un tubito de acero. Técnica de muy altas prestaciones, se logran atenuaciones de 0.03 – 0.05 dB (fibras monomodo).



**Figura. 53-1 Empalme por Fusión**

Fuente: <http://www.idetechg.com.co/fusion.html>

- **Empalmes mecánicos.-** Consiste en un tubo dividido horizontalmente, la parte de abajo en una base tipo V y la de arriba una tapa plana. El espacio entre ambas se llena de un gel adaptador, se insertan las fibras cortadas (de longitud determinada) y luego se cierran con unas grandes tapas de presión que empujan las fibras hasta juntarla.



**Figura. 54-1 Empalme Mecánico**

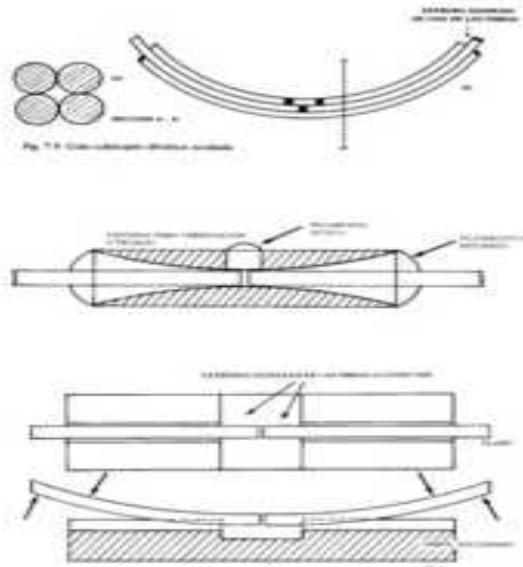
Fuente: <http://www.idetechg.com.co/fusion.html>

- **Empalmes por adhesión.-** Las fibras son insertadas en un mecanismo de alineación y luego unidad con un adhesivo epóxico.

Mecanismos de alineación:

- ✓ Ranura en V.- tallada en un substrato metálico, cerámico o plástico.

- ✓ Base tres cilindros.- el empalme es hecho introduciendo la fibra dentro de tres tubos de alineación.
- ✓ Base tubo ajustado.- se introduce la fibra dentro de un tubo o manguito de vidrio agujereado perfectamente circular (3mm mayor que el diámetro de la fibra).
- ✓ Base tipo cuadrado.- se introduce la fibra dentro de un tubo de sección cuadrada, haciendo ángulo de modo de orientarlas hasta la esquina.
- ✓ El adhesivo epóxico además de servir como elemento de unión es adaptador de índices de refracción. Puede optimizarse mediante rotación de una de las fibras. Se logran pérdidas de inserción de 0.1 – 0.5 dB.



**Figura. 55-1 Empalme por Adhesión**

Fuente : <http://es.slideshare.net/davidxul/empalmes-fibra-optica>

#### **1.5.4 Mangas o mufas**

Son bandejas especiales para alojar los empalmes de fibra óptica, permiten la acumulación de longitudes adicionales de fibra óptica. Las mangas protegen los empalmes ante diferentes condiciones ambientales que se presentan en el lugar de instalación, adicionalmente deben soportar esfuerzos de tracción, compresión, flexión e incluso torsión. Para redes GPON las mangas se usan como un punto de conexión entre la red de distribución y las conexiones individuales de cada abonado. Constituyen además puntos de corte para labores de operación y mantenimiento.



**Figura. 56-1 Manguitos o Mufas**

Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos69/normas-fibra-optica/normas-fibra-optica2.shtml>

### 1.5.5 Tapones

Son materiales que se usan para la protección de fibra óptica ante diferentes aspectos físicos que pueden causar daños.

- Tapones trifurcados
- Tapones ciegos o cerrados



**Figura. 57-1 TAPONES PARA FIBRA ÓPTICA**

Fuente: <http://nyn-ec.com/tapones%20para%20fibra%20optica.html>

## 1.6 Dispositivos de medición

A continuación se dará una explicación de algunos dispositivos utilizados para mediciones de fallas en fibra óptica.

### 1.6.1 Reflectómetro Óptico (OTDR)

Es un reflectómetro óptico utilizado para evaluar las propiedades de una fibra o de un enlace completo. Es un instrumento de medición que envía pulsos de luz a una longitud de onda deseada, para luego medir su “ecos”, o el tiempo que tarda en recibir una reflexión producida a lo largo de la fibra óptica, los resultados del equipo permiten conocer el nivel de señal en función de la distancia. De igual forma se utiliza para medir la distancia a la que se produjo un corte, o la distancia total de un enlace.



**Figura. 58-1** OTDR

Fuente: [https://en.wikipedia.org/wiki/Optical\\_time-domain\\_reflectometer](https://en.wikipedia.org/wiki/Optical_time-domain_reflectometer)

### 1.6.2 Medidor de potencia óptica (OPM)

Son instrumentos para medir potencia óptica, son instrumentos compactos, livianos y fáciles de utilizar para realizar pruebas en la red de fibra óptica, con la característica de medición rápida. La serie OPM de instrumentos de bolsillo puede soportar pruebas exactas de monomodo y multimodo en sistemas de fibra óptica.



**Figura. 59-1** OPM

Fuente: <http://www.getmeter.com>

### 1.6.3 Gpon tester

Es un instrumento para certificar la instalación de fibra óptica en el abonado, este se conecta a la roseta del abonado para comprobar el nivel de potencia descendente, y confirmar la no presencia de reflexiones de la señal ascendente. Una vez que los parámetros físicos han sido verificados, GPON-Tester se sincronizará y provisiona los servicios emulando la ONT del usuario específico que se quiere instalar en el abonado.

Con respecto al nivel físico de la conexión, la principal ventaja es la facilidad con la que es capaz de detectar reflexiones en la fibra óptica. Esto no puede realizarse con un medidor de potencia, ya que este sólo mide la potencia recibida, pero la que llega a la central desde el abonado puede ser diferente, debido a la direccionalidad de las reflexiones.



**Figura. 60-1 Gpon Tester**

**Fuente:** <http://www.ftthtest.eu/127/GPON-Test-Tools.htm>

## 1.7 Comparativa GPON vs EPON

GPON, aunque cuenta con menor número de líneas desplegadas actualmente, es seleccionado por cada vez más operadores como la tecnología para llevar los nuevos servicios sobre fibra óptica, por ofrecer mayores funcionalidades estándar de gestión de la calidad de servicio y ofrecer mayores garantías de evolución futura. Aunque tanto EPON como GPON fueron definidos el mismo año, en 2004, la mayor sencillez de EPON, supuso una disponibilidad más temprana de equipos comerciales. Además el coste era sensiblemente inferior. Sin embargo, actualmente el coste es muy similar y las mayores economías de escala esperadas en GPON, convertirán a GPON en una tecnología aún más competitiva en costos. En la tabla 4-1 se presenta una comparación entre las principales tecnologías PON.

**Tabla 4-1 Comparativa de las principales tecnologías PON**

Características	ITU-T BPON	ITU-T GPON	ITU-T EPON
Tasa de bits (Mbps)	down: 1.244, 622, 155 up: 622, 155	down: 2.488, 1.244 up: 2.488, 1.244, 622, 155	down: 1.250 up: 1.250
Codificación de línea	NRZ (+ scrambling)	NRZ (+ scrambling)	8b/10b
Ratio de división máximo	1:32	1:128 (1:64 en la práctica)	1:32
Alcance máximo	20 km	60 km (con 20 km de distancia entre ONTs)	20 km
Estándares	Serie ITU-T G.983.x	Serie ITU-T G.984.x	IEEE 802.3ah
Soporte TDM	TDM sobre ATM	TDM nativo, TDM sobre ATM, TDM sobre paquetes	TDM sobre paquetes
Soporte vídeo RF	No	Si	No
Eficiencia típica (depende del servicio)	83% downstream 80% upstream	93% downstream 94% upstream	61% upstream 73% downstream
OAM	PLOAM+OMCI	PLOAM+OMCI	Ethernet OAM (+SNMP opcional)
Seguridad downstream	Churning o AES	AES	No definida

Fuente: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/1764/1/CD-2763.pdf>

## 1.8 Fabricantes de equipos de telecomunicaciones GPON

### 1.8.1 Cisco

Conocida como Cisco Systems, se trata de la empresa productora de equipos de telecomunicaciones con mayor volumen de ventas en 2010 (aproximadamente USD\$41.600 millones). La sede está localizada en San José, California (Estados Unidos). Es claro que el portafolio de ventas no solo se refiere a la fabricación de equipos; esta va asociada a su mantenimiento y servicios de asesoría y consultoría relacionados con su uso en proyectos de infraestructura que, por su naturaleza, son complejos y de alto costo.

Conexión, seguridad e información son las tres áreas básicas en la oferta de productos y servicios asociados. Routers, switches y redes de almacenamiento están dentro de los productos principales. Cisco define sus productos y servicios enmarcados con el propósito de que los usuarios puedan conectarse fácilmente a Internet y gestionar eficientemente su información. En la actualidad, Cisco se encuentra en NASDAQ (a partir de 1990 entró en Bolsa) y hoy cuenta con 65.223 empleados.

### *1.8.2 Huawei*

Huawei es una compañía de la República Popular China relativamente joven (creada en 1987), que se ha convertido en la principal competidora de empresas tradicionales europeas la cual junto con compañías como Cisco EEUU, dominan la oferta mundial de equipos de telecomunicaciones. Huawei está presente en áreas como la manufactura de teléfonos móviles (incluyendo los inteligentes), equipos para redes, así como la oferta de tecnologías para el procesamiento de grandes cantidades de datos (lo que hoy se denomina "Big Data"), soluciones para el uso empresarial de computación en la nube, entre otras. En el 2012, la compañía tuvo ingresos por USD\$32.000 millones. Cuenta con 36.344 patentes registradas en China y cerca de 11 mil en otros países. Tiene 110.000 empleados en el mundo entero.

De entre las dos empresas más grandes del mundo proveedoras de equipos de telecomunicaciones Huawei se perfila como líder en telecomunicaciones de última generación en la región, abastece a 45 de los 50 principales operadores del mundo dando cobertura con sus equipos a más de mil millones de usuarios y en el área de FTTx y GPON es el líder en el mercado. La ventaja que tiene Huawei sobre sus competidores es el precio reducido de sus equipos con una calidad similar.

### **1.9 Servicios triple play**

Triple Play es una concentración de servicios enviados en un medio de transmisión común, de esta manera se obtiene televisión, internet y telefonía en un único enlace continuo.



**Figura. 61-1 Integración de Servicios**

Fuente: <http://slideplayer.es/slide/95090/>

Entre sus utilidades se puede mencionar la unificación de funciones para que el usuario pueda recibir un solo servicio en un envío y no tres independientes, la caracterización y elasticidad del servicio posibilitarán al usuario acceder a un servicio particular y personal.

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.

### ***1.9.1 Desarrollo del triple play***

El cable fue la primera tecnología en ofrecer el hoy llamado “Triple Play”, en los años 90, en EEUU, haciendo uso del enorme ancho de banda de las redes HFC (Híbrida Fibra Coaxial). Así, se ofrecían:

- 📺 Vídeo: sistema tradicional de difusión de televisión.
- 📞 Voz: sistemas de telefonía integrada sobre portadoras de radiofrecuencia.
- 🌐 Datos /acceso internet: sistemas propietarios que evolucionaron a sistemas compatibles con DOCSIS1.0 (Data Over Cable Service Interface Specification) de Cablelabs.

El ingreso del Triple play se da debido a la demanda de servicios interactivos y multimedia por

parte del usuario, a la competencia en el sector de las telecomunicaciones y sobre todo a una mentalidad para ir más allá de servicios independientes, y creatividad para innovar y diferenciarse. La capacidad de empaquetar todos estos servicios constituye la clave del negocio para las empresas ya que podrán brindar al usuario varios beneficios como:

- Factura única y único proveedor, que implica facilidad en el control del gasto en los tres servicios.
- Ahorro por condiciones especiales comerciales ofrecidas en los paquetes de servicios
- Atractivo de la televisión de pago y sus contenidos

El sistema Triple play es sin duda la tendencia de integrar en una sola red varias de ella, donde:

- La **voz** Integra:

Procesamiento básico de llamadas: conexión, desconexión, transferencia de llamadas, llamada en espera, identificador de llamadas, etc.

Aplicaciones de Mensajes: Correo de Voz

Aplicaciones avanzadas de procesamiento de llamadas: Remarcación automática, Directorios, Presencia, Recepción automática, IVR, Privacidad, Centros de contacto.

- El **video** Integra:

Video sobre demanda (VoD), PPV Televisión por cable

Videoconferencias Interactividad

- Los **datos** Integran:

Servicio de Internet

Hospedaje de páginas (web hosting) Transacciones

Cualquier operación de cómputo en forma distribuida

## 1.9.2 Funcionamiento

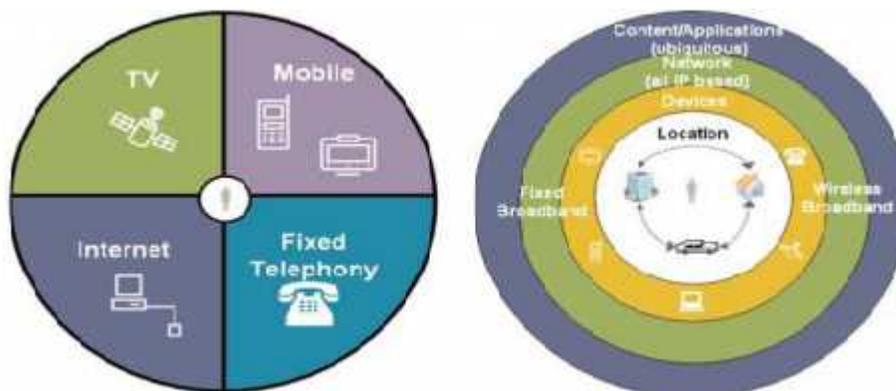


**Figura. 62-1 Convergencia de Servicios**

Fuente: [http://wikitel.info/wiki/Implicaciones\\_regulatorias\\_de\\_la\\_convergencia](http://wikitel.info/wiki/Implicaciones_regulatorias_de_la_convergencia)

La implementación de Triple Play requiere la integración o convergencia de servicios de multimedia además de infraestructura para acomodar los servicios de video y obtener el ancho de banda requerido para soportar este tipo de servicios. Adicionalmente, se requerirá expandir los tradicionales modelos de negocio actuales (basados en servicios de voz y datos) para incorporar aquellos inherentes a los servicios de video.

Triple play es pasar de un modelo dividido por sectores a un modelo dividido por capas.



**Figura. 63 -1 Modelos Dividido Por Sectores      Modelo Dividido Por Capas**

Fuente: <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1608/12/UPS-CT002285.pdf>

## CAPITULO II

### 2 MARCO METODOLÓGICO

#### 2.1 ANÁLISIS DEL MERCADO

En este capítulo se dará a conocer un pequeño resumen de las empresas que ofrecen servicios de internet, telefonía y televisión por cable en la ciudad de Esmeraldas, dando a conocer las principales características del servicio. Además se obtendrá la demanda de los servicios Triple Play en las ciudadelas en estudio, y a partir de esta se realizara el diseño de la ODN que llevaremos a cabo más adelante. Para esto nos basamos en el número de abonados que poseen servicio de telefonía fija en este sector, información que nos servirá para poder obtener los datos del muestreo que se llevara a cabo, y de esta manera obtener el número de encuestas que se realizaran a los usuarios de la ciudadelas. Posteriormente se realiza una proyección para 10 años, periodo en el cual los equipos tendrán un óptimo funcionamiento.

#### 2.2 Planes de empresas proveedoras de servicios.

A continuación se dará a conocer los precios de los planes de algunas de las empresas que ofrecen servicios de internet, televisión y telefonía fija en la ciudad de esmeraldas.

##### 2.2.1 *Corporación Nacional de telecomunicaciones (CNT EP).*

La Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT EP es la empresa pública de telecomunicaciones del Ecuador creada el 30 de octubre de 2008, opera servicios de telefonía fija local, regional e internacional, acceso a internet estándar y de alta velocidad (Dial-UP, DSL, Internet móvil 3g y 4g LTE), televisión satelital y telefonía móvil en el territorio nacional ecuatoriano.

A continuación se detallan algunos precios de los planes de servicios ofrecidos por la empresa CNT EP.

### 2.2.1.1 Planes de internet

En la Figura 2-1 se presenta los precios de planes de servicio de internet de la empresa (CNT EP.) con sus características primordiales.

Plan	Costo mensual	Velocidad de bajada	Velocidad de subida	Inscripción
Plan 3 Mbps	\$ 18.00	3 Mbps	Hasta 1 Mbps	\$ 50.00
Plan 5 Mbps	\$ 24.90	5 Mbps	Hasta 2 Mbps	\$ 50.00
Plan 10 Mbps	\$ 36.00	10 Mbps	Hasta 3 Mbps	\$ 50.00
Plan 15 Mbps	\$ 49.90	15 Mbps	Hasta 3 Mbps	\$ 50.00
Plan 25 Mbps	\$ 80.00	25 Mbps	Hasta 3 Mbps	\$ 50.00
Plan 50 Mbps	\$ 110.00	50 Mbps	Hasta 5 Mbps	\$ 50.00
Plan 100 Mbps	\$ 180.00	100 Mbps	Hasta 10 Mbps	\$ 50.00

**Figura. 1-2 Precios de planes de servicio de internet (CNT).**

Fuente: <https://www.cnt.gob.ec/telefonía/tipo/planes-frecuentes/>

### 2.2.1.2 Línea telefónica residencial

En la Figura. 2-2 se muestra el detalle de precios de los planes que ofrece la empresa CNT EP para el servicio de Telefonía Fija:

Inscripción	Pensión Básica Mensual	Modalidad	Minutos incluidos
\$ 60,00	\$ 6.20	COBRE	150 minutos
\$ 60,00	\$ 6.20	GPON	150 minutos
\$ 60,00	\$ 20.00	Línea GPON Only	250 minutos

**Figura. 2-1 Precios de planes de Telefonía Fija (CNT)**

Fuente: <https://www.cnt.gob.ec/telefonía/tipo/planes-frecuentes/>

### 2.2.1.3 Planes de televisión

En la Tabla 1-2 se detallan los precios de planes de televisión satelital con las características fundamentales de cada plan.

**Tabla 1-2 Precios de planes de televisión satelital (CNT)**

<b>NOMBRE</b>	<b>PRECIO</b>	<b>CANALES</b>	<b>PRECIO FINAL</b>
PLAN SIPER	\$15.00	70 SUPER PLAN	\$15.00
PROMO HD CLIENTES NUEVOS	\$15.00	70 + 15 HD	\$25.00
PLAN ENTRETENIMIENTO	\$17.00	70 + FOX(CLASSIC, FAMILY, MOVIES)	\$17.00
PLAN TOTAL PLUS	\$25.00	70 + 29 CANALES PLAN TOTAL PLUS	\$25.00
PLAN MASIVO HD	\$26.00	70 + 15 CANALES HD	\$26.00

Fuente: <https://www.cnt.gob.ec/telefonía/tipo/planes-frecuentes/>

### 2.2.2 SOLINTEL s.a.

Es una alternativa en soluciones de Telecomunicaciones (Video, voz y datos) a precios competitivos, con estándares de calidad de clase mundial, y tecnológica orientada a desarrollar productos y servicios innovadores, satisfacer las necesidades y expectativas evolutivas de los clientes y la sociedad Ecuatoriana.

#### 2.2.2.1 Planes de internet

En la Tabla 2-2 se presentan los precios de planes de internet ofrecidos por la empresa SOLINTEL S.A, variando según la velocidad.

**Tabla 2-1 Precios de planes de internet (SOLINTEL S.A)**

<b>VELOCIDADES</b>	<b>PRECIO</b>
10 Mbps/2Mbps	\$19.64
10 Mbps/3Mbps	\$25.89
10 Mbps/4Mbps	\$29.89

10 Mbps/5Mbps	\$40.89
10 Mbps/6Mbps	\$50.89

Fuente: [www.solintelsa.net/planes-residenciales](http://www.solintelsa.net/planes-residenciales)

### 2.2.3 *Puntonet*

Es una organización que nació en el Ecuador en el año 2000 en respuesta a la demanda de los ecuatorianos de un servicio de Internet rápido y confiable, libre de errores e interferencias, y que asegure la confidencialidad de la información de los usuarios. En PuntoNet se provee un servicio de Telecomunicaciones, que entrega soluciones de Internet a clientes personales y corporativos, pudiendo acceder desde su casa, negocio o empresa a todos los servicios y beneficios que brinda una conexión rápida y eficiente. Su experiencia en el mercado y la excelencia del servicio PuntoNet los ha llevado a ser reconocidos como uno de los principales proveedores de servicios de Telecomunicaciones del Ecuador.

#### 2.2.3.1 *Planes de internet*

A continuación se presentan los precios de planes de Internet según la velocidad que ofrecen.

**Tabla 3-2 Precios de planes de Internet (PUNTONET)**

VELOCIDAD	INSTALACIÓN	PRECIO
2.2 Mbps	\$50.00	\$19.90+iva
3 Mbps	\$50.00	\$24.90+iva
4 Mbps	\$50.00	\$29.90+iva
5 Mbps	\$50.00	\$39.90+iva

Fuente: [www.puntonet.ec/home](http://www.puntonet.ec/home)

### 2.2.4 *DIRECTV*

Es el proveedor de televisión satelital líder en toda Latinoamérica y el Caribe, con la mejor experiencia de televisión llegando a más de 19 millones de clientes. Provee servicio en la región en más de 10 territorios, incluyendo Argentina, Brasil, Chile, Colombia, Ecuador, México, Perú, Puerto Rico, Uruguay, Venezuela y el Caribe, y es 100% parte de DIRECTV, el líder mundial de televisión y entretenimiento.

### 2.2.4.1 Planes de televisión por cable

Enseguida se presentan los planes y paquetes que ofrece este proveedor de televisión por cable.

Planes y Paquetes	BRONCE	PLATA	ORO	PLATINO
Tarifa Mensual	\$27.50	\$35.29	\$45.60	\$102.11
<b>Canales</b>				
Canales Video SD (?)	61	83	113	113
Canales Video HD (?)	24	27	33	Incluye 3 canales HBO y 3 canales FOX+
Canales Audio	36	36	36	36
Canales Premium (?)	Opcional	Opcional	Opcional	20 Incluye Paquetes HBO, FOX+ y Paquete Ecuatoriano de Fútbol
Canales Pay Per View (?)	Opcional	Opcional	Opcional	Opcional
DIRECTV Play (?)	Incluye	Incluye	Incluye	Incluye

**Figura. 3-2 Planes de Televisión por cable de DIRECTV**

Fuente: [www.directv.com.ec](http://www.directv.com.ec)

### 2.2.5 Vantv

Creada el 2 de Julio del 2001, esta empresa tiene como propósito brindar a la ciudadanía de Esmeraldas el mejor servicio de televisión por cable, está ubicada en la ciudadela La Tolita 1 Manzana 20 Villa 19 (matriz) y la oficina para atención al cliente en la Manzana 40 villa 8.

#### 2.2.5.1 Planes de televisión por cable

A continuación en la Tabla 4-2 se detalla el plan de televisión por cable con el que cuenta la empresa.

**Tabla 4-2 Precios de planes de televisión por cable (VANTV)**

INSCRIPCIÓN	MENSUALIDAD	ADICIONAL POR CANAL	PROMOCIÓN
\$25.00	\$17.72 + iva	\$2.84 + iva	1 TV por un año

Fuente: [www.vantvcable.com](http://www.vantvcable.com)

Cabe señalar que para lograr el correcto diseño de la red de acceso debemos tener una buena estimación de la demanda para luego no tener inconvenientes.

### 2.3 Tamaño del mercado

Para esta parte se decidió tomar en cuenta el número total de usuarios que cuentan con línea telefónica en su vivienda, los datos se obtuvieron de las encuestas realizadas en el sector. El sector objeto registra 800 abonados.

#### 2.3.1 Cálculo de la muestra

Teniendo una población de 800 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:

$$n = \frac{k^2 N p q}{e^2 (N - 1) + k^2 p q}$$

**N:** es el tamaño de la población o universo (número total de posibles encuestados 800).

**K:** es una constante que depende del nivel de confianza que asignemos. El nivel de confianza indica la probabilidad de que los resultados de nuestra investigación sean ciertos. (2)

**e:** es el error muestral deseado, en tanto por uno.(5)

**p:** proporción de individuos que poseen en la población la característica de estudio. (0.5)

**q:** proporción de individuos que no poseen esa característica, es decir, es 1-p (0.5).

**n:** tamaño de la muestra (número de encuestas que vamos a hacer)

**n = 267 encuestas a realizarse.**

Una vez obtenido el número de encuestas a realizarse, se elaboró una encuesta lo más sencilla posible, con la cual evaluaremos los requerimientos planteados con anterioridad.

### 2.3.2 Análisis de los resultados

Este análisis nos sirve de ayuda para encontrar una estimación de los servicios brindados por empresas de telecomunicaciones en el sector y además permite identificar un aproximado número de clientes para nuestro proyecto, con lo que posteriormente se realizará la proyección de usuarios a diez años, con la finalidad del desempeño óptimo de los equipos a utilizar.

Luego de haber finalizado la recopilación de información procedemos a la ilustración gráfica de cada interrogante realizada.

A continuación se detallan cada una de las preguntas con su respectiva interpretación.

#### 1.- ¿Qué servicios de telecomunicaciones tiene usted contratado?

**TELEFONÍA FIJA**

**TELEVISIÓN POR CABLE**

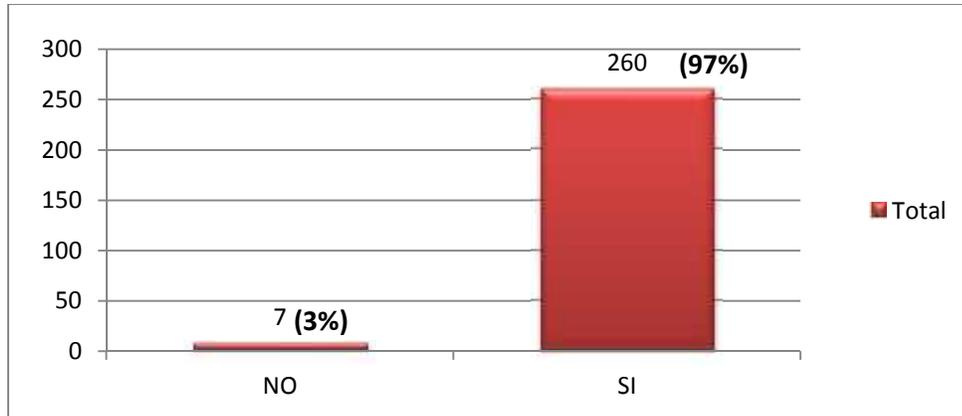
**INTERNET**

Con esta pregunta podremos obtener información de los servicios de telecomunicación con los que cuentan cada uno de los abonados encuestados. Ver los resultados Tabla 5-2 para Telefonía Fija.

**Tabla 5-2 Resultados obtenidos de telefonía fija en el sector encuestado**

TELEFONÍA FIJA	RESULTADOS	PORCENTAJES
SI	260	97
NO	7	3
TOTAL	267	100

Realizado por: Gonzáles N, Becerra S, 2015



**Figura. 4-2 Porcentajes de telefonía fija obtenidos del sector encuestado**

Realizado por: Gonzáles N, Becerra S, 2015

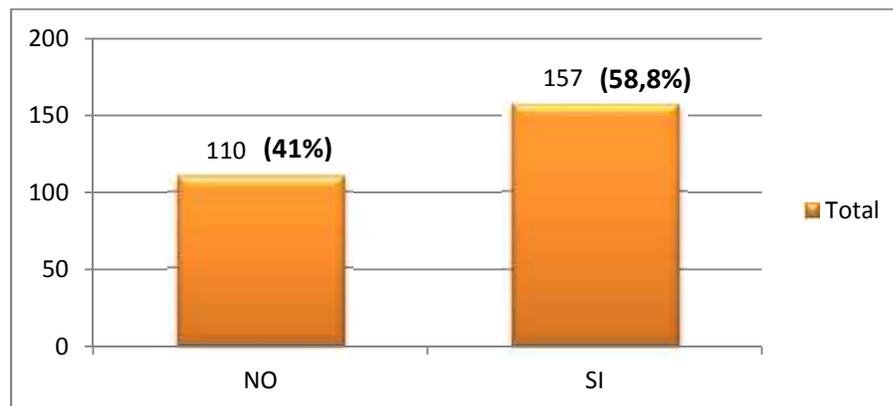
La Figura 4-2 muestra claramente que la gran mayoría de los abonados en el sector cuentan con línea telefónica por ende tienen activo servicio de telefonía fija.

En la Tabla 6-2 se muestran los resultados obtenidos en cuanto a televisión por cable o satelital.

**Tabla 6-2 Resultados de tv por cable / satelital**

TV POR CABLE / SATELITAL	RESULTADOS	PORCENTAJES
SI	157	58,8
NO	110	41
<b>TOTAL</b>	<b>267</b>	<b>100</b>

Realizado por: Gonzáles N, Becerra S, 2015



**Figura. 5-2 Porcentaje de TV por cable / satelital en el sector encuestado**

Realizado por: Gonzáles N, Becerra S, 2015

Podemos observar la Figura 5-2 que hay porcentaje considerable de usuarios que poseen servicio de

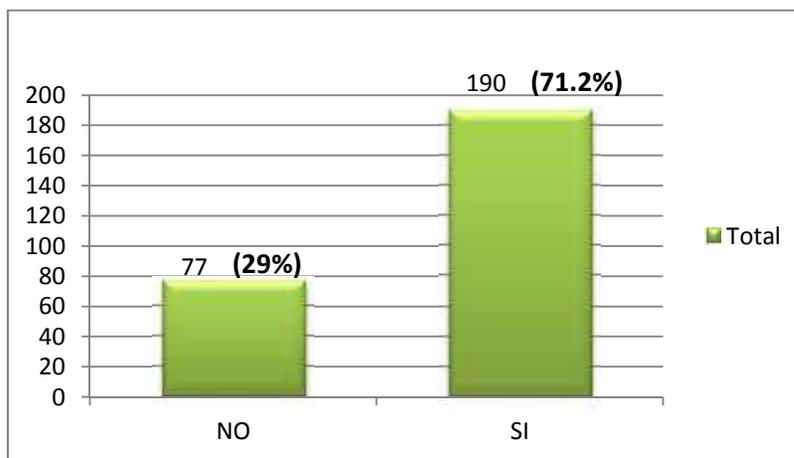
televisión por cable, pero aún queda un porcentaje aceptable por explotar en el sector.

En el Tabla 7-2 se aprecian los resultados de los hogares que cuentan con el servicio de internet.

**Tabla 7-2 Resultados de hogares que cuentan con el servicio internet**

INTERNET	RESULTADOS	PORCENTAJES
SI	190	71,2
NO	77	29
<b>TOTAL</b>	267	100

Realizado por: Gonzáles N, Becerra S, 2015



**Figura. 6-2 Porcentaje de hogares que cuentan con el servicio internet**

Realizado por: Gonzáles N, Becerra S, 2015

En la Figura 6-2 observamos que más del 70% de los usuarios cuentan con servicio de internet, lo cual nos da la razón que el sector en estudio está saturado superando la resistencia de bucle la cual hace que el servicio colapse.

**2.- Marque con una x la respuesta. Se encuentra usted conforme con su proveedor de servicio de telecomunicaciones actual.**

NIVEL DE CONFORMIDAD	INTERNET	TV POR CABLE	TELEFONÍA
EXCELENTE			
MUY BUENO			

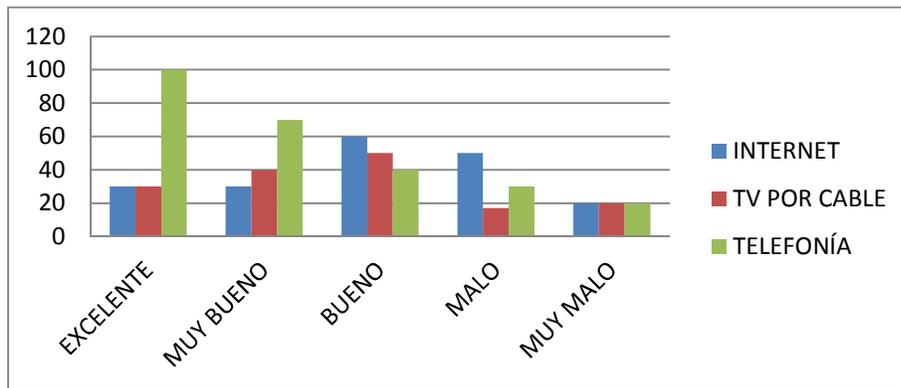
<b>BUENO</b>			
<b>MALO</b>			
<b>MUY MALO</b>			

En la Tabla 8-2 se tienen los resultados del nivel de conformidad de cada uno de los servicios, considerados como excelente, muy bueno, bueno, malo, muy malo.

**Tabla 8-2 Nivel de conformidad del servicio**

<b>NIVEL DE CONFORMIDAD</b>	<b>INTERNET</b>	<b>TV POR CABLE</b>	<b>TELEFONÍA</b>
<b>EXCELENTE</b>	30	30	100
<b>MUY BUENO</b>	30	40	70
<b>BUENO</b>	60	50	40
<b>MALO</b>	50	17	30
<b>MUY MALO</b>	20	20	20

Realizado por: Gonzáles N, Becerra S, 2015



**Figura. 7-2 Porcentaje del Nivel de conformidad de los servicios**

Realizado por: Gonzáles N, Becerra S, 2015

En la Figura 7-2 se puede notar que el nivel de conformidad para lo que es telefonía fija es en su mayoría excelente, seguido de internet y televisión por cable que en su mayoría es bueno.

**3.- ¿Cuál o cuáles son los proveedores con los que tiene contratados los servicios?**

**TELEFONÍA FIJA.....**

**TELEVISIÓN POR CABLE.....**

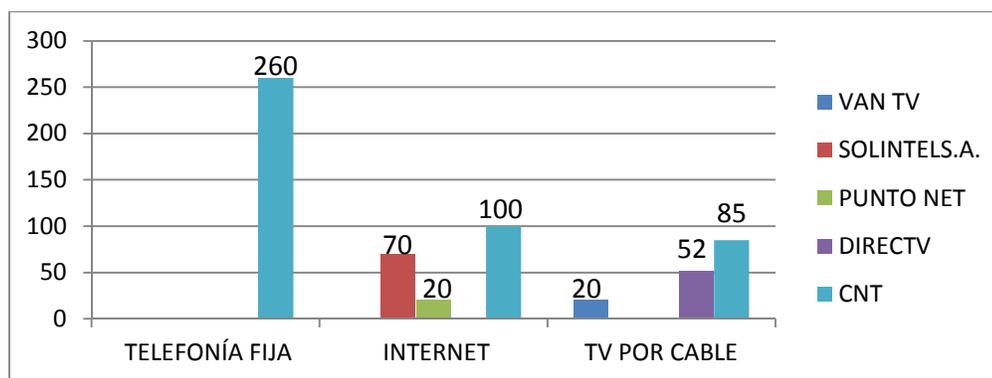
**INTERNET.....**

Esta pregunta brinda información relevante acerca de cuántos clientes tienen cada una de las empresas que operan dentro del sector encuestado. En la Tabla 9-2 se pueden visualizar los proveedores de servicios de telefonía fija, internet, y televisión por cable que tienen contratados los clientes del sector en estudio.

**Tabla 9-2 Proveedores de servicios de telefonía fija, internet, televisión por cable**

PROVEEDORES	TELEFONÍA FIJA	INTERNET	TELEVISIÓN POR CABLE
CNT	260	100	85
VAN TV	0	0	20
DIRECTV	0	0	52
PUNTO NET	0	20	0
SOLINTEL S.A.	0	70	0
<b>TOTAL</b>	<b>260</b>	<b>190</b>	<b>157</b>

Realizado por: Gonzáles N, Becerra S, 2015



**Figura. 8-2 Proveedores de servicios de telefonía fija, internet, televisión por cable**

Realizado por: Gonzáles N, Becerra S, 2015

En la Figura 8-2 se observa que la empresa CNT EP, tiene un alto porcentaje de los servicios ofrecidos en el sector de estudio, siendo la telefonía fija el servicio ofrecido únicamente por esta empresa, así también el servicio de internet tiene gran acogida por la empresa Solintel S.A

**4.- Especifique ¿El costo de los servicios que tiene actualmente contratado?**

**TELEFONÍA FIJA.....**

**TELEVISIÓN POR CABLE.....**

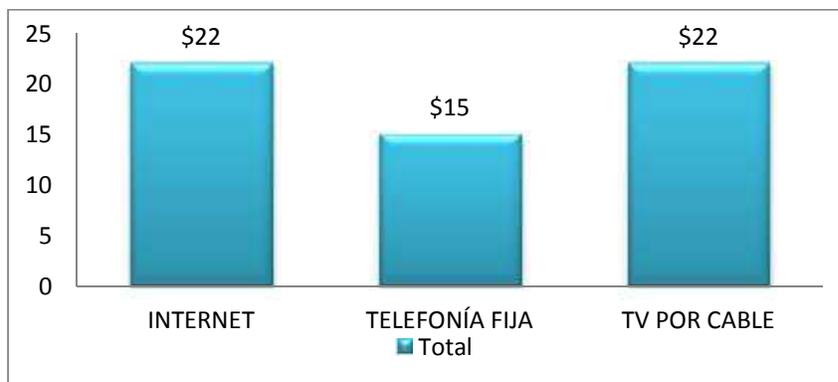
## INTERNET.....

Esta pregunta da a conocer los costos que cancelan los abonados por cada servicio dependiendo de la empresa proveedora con la que tiene contratado el servicio, valor que nos permitirán tomar como valor estimado para el análisis financiero que se lo hará más adelante. Ver Tabla 10-2.

**Tabla 10-2 Costo de los Servicios**

SERVICIO	COSTO \$
TELEFONÍA FIJA	\$15
INTERNET	\$22
TV POR CABLE	\$22
<b>TOTAL</b>	<b>\$59</b>

Realizado por: Gonzáles N, Becerra S, 2015



**Figura. 9-2 Costo de Servicios Contratados**

Realizado por: Gonzáles N, Becerra S, 2015

La Figura 9-2 muestra el costo que los usuarios cancelan por cada servicio que tiene contratado e indica claramente que en hogares donde se tienen contratados los tres servicios de telecomunicaciones cada usuario está gastando alrededor de \$60 dólares aproximadamente, según los costos de algunas empresas de telecomunicaciones.

**5.- ¿Estaría dispuesto a contratar servicio triple play (telefonía fija, internet y televisión por cable) por un solo costo?**

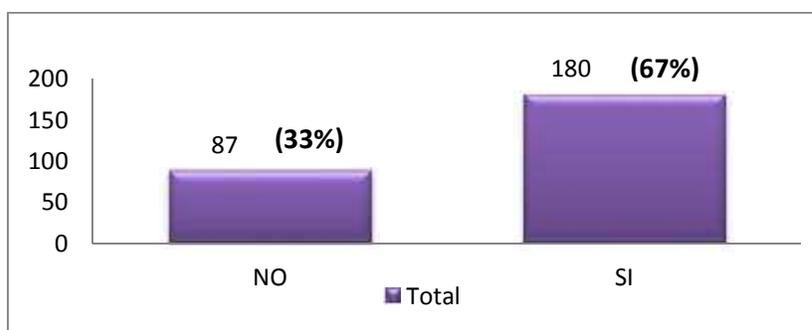
SI  NO

Esta pregunta nos sirve para saber el grado de aceptación de la nueva tecnología que se quiere implementar en el sector encuestado. Los resultados se presentan en la Tabla 11-2.

**Tabla 11-2 Grado de aceptación del Servicio Triple Play**

ACEPTACIÓN DEL SERVICIO	RESPUESTA	PORCENTAJE
SI	180	67
NO	87	33
TOTAL	267	100

Realizado por: Gonzáles N, Becerra S, 2015



**Figura. 10-2 Grado de Aceptación del Servicio Triple Play**

Realizado por: Gonzáles N, Becerra S, 2015

En la Figura 10-2 observamos un porcentaje considerable de usuarios 67% que dan aceptación al servicio Triple Play, lo cual nos servirá para tomar en consideración el inicio de la demanda.

**6.- ¿Qué valor estaría dispuesto a pagar por el servicio triple play (telefonía fija, internet y televisión por cable)?**

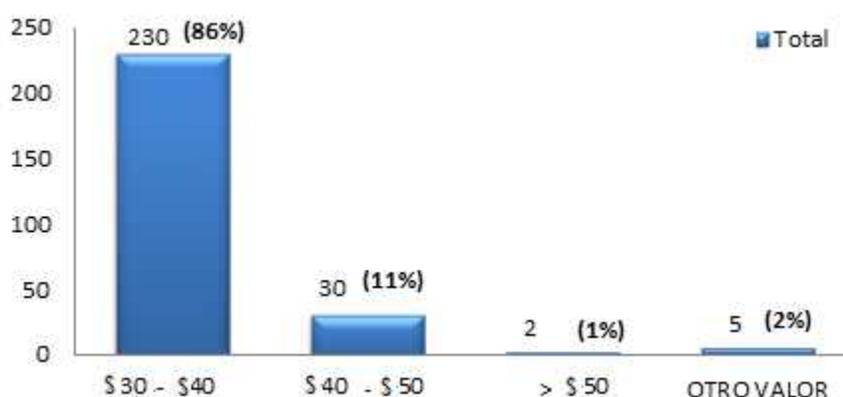
POSIBLES VALORES	ENCUESTADOS	PORCENTAJES
30\$ - 40\$		
40\$ - 50\$		
MAYOR A 50\$		
OTRO VALOR		

Con esta pregunta tomaremos en consideración los posibles valores con los que se podría ofertar el servicio triple play teniendo como resultado los valores de la Tabla 12-2.

**Tabla 12-2 Posibles valores a pagar por Servicio Triple Play**

POSIBLES VALORES	ENCUESTADOS	PORCENTAJES
30\$ - 40\$	230	86
40\$ - 50\$	30	11
MAYOR A 50\$	2	1
OTRO VALOR	5	2
<b>TOTAL</b>	<b>267</b>	<b>100</b>

Realizado por: Gonzáles N, Becerra S, 2015



**Figura. 11-2 Posibles valores a pagar por Servicio Triple Play**

Realizado por: Gonzáles N, Becerra S, 2015

En la Figura 11-2 observamos que un 86% de los usuarios estaría dispuesto a pagar un valor por el servicio entre 30 y 40 dólares.

## 2.4 Estimación de la demanda insatisfecha

Finalmente concluida las encuestas en el sector y tabulados los datos recopilados, seguimos con el cálculo aproximado de usuarios con los cuales se estima iniciaría la implementación del diseño a proponer. Actualmente en la ciudad de Esmeraldas no existe ningún proveedor de servicios que ofrezcan el paquete triple play.

A través de la recopilación de datos se logró saber sobre la situación actual y conformidad de los usuarios de los servicios de telecomunicaciones (Telefonía, Televisión por cable e Internet) instalados en el sector de estudio.

De un total de población de 800 usuarios que cuentan con línea telefónica en el sector de estudio y según las encuestas realizadas a la muestra (267 usuarios), los resultados de la Demanda Insatisfecha es de 536 abonados (67% de 800 de la población estudiada).

Las encuestas realizadas reflejan que 536 usuarios están dispuestos a la contratación de un paquete de servicio triple play con un proveedor que les ofrezca el servicio a un precio razonable que este entre 30 y 40 dólares. Este es el número aproximado de clientes con los que se espera contraten el servicio para el primer mes de operación de la red.

## 2.5 Proyección de la demanda

Esta permite tener un número considerado de usuarios de la red de acceso a futuro; el tiempo estimado para esta proyección es de 10 años debido principalmente a la vida útil de los equipos.

Para la realización de la demanda se empleó datos estadísticos de la tasa de crecimiento poblacional de la ciudad de Esmeraldas que entrega el INEC, los cuales se muestran a continuación.

**Tabla 13-2 Tasa de Crecimiento Anual 1990-2001**

<b>Tasa de Crecimiento Anual 1990 - 2001</b>		
<b>Hombre</b>	<b>Mujer</b>	<b>Total</b>
-0,25%	-0,42%	-0,34%

**Fuente:**[http://www.inec.gob.ec/cpv/index.php?option=com\\_content&view=article&id=232&Itemid=128&lang=es](http://www.inec.gob.ec/cpv/index.php?option=com_content&view=article&id=232&Itemid=128&lang=es)

**Tabla 14-2 Tasa de Crecimiento Anual 2001-2010**

<b>Tasa de Crecimiento Anual 2001-2010</b>		
<b>Hombre</b>	<b>Mujer</b>	<b>Total</b>
5,72%	5,76%	5,74%

**Fuente:**[http://www.inec.gob.ec/cpv/index.php?option=com\\_content&view=article&id=232&Itemid=128&lang=es](http://www.inec.gob.ec/cpv/index.php?option=com_content&view=article&id=232&Itemid=128&lang=es)

**Tabla 15-2 Población del Año 2015**

AÑO	POBLACIÓN
2015	800

Fuente: GADPE

**T.I. INEC=0,0574**

**M (año a encontrar) = Co (1+i) ^ n**

**Co= último dato de la población**

**i = Tasa de crecimiento poblacional dada por el INEC.**

**M (2016)= 800(1+ 0.0574) ^1**

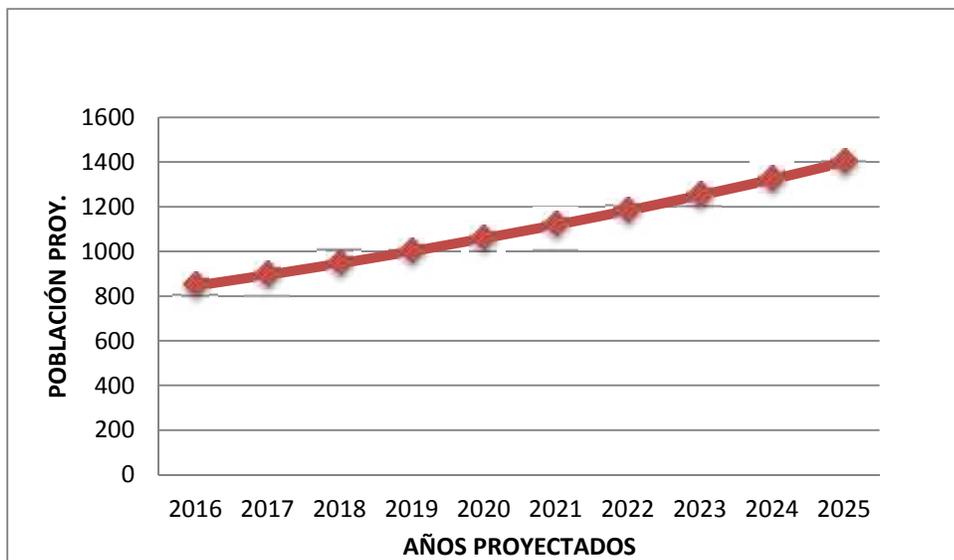
**M (2016)= 846.**

n=	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
----	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

**Tabla 16-2 Población según los años proyectados**

AÑOS PROYECTADOS	POBLACIÓN
2016	846
2017	894
2018	946
2019	1000
2020	1058
2021	1118
2022	1182
2023	1250
2024	1322
2025	1398

**Realizado por:** Gonzáles N, Becerra S, 2015



**Figura. 12-2 Población según los años proyectados.**

Realizado por: Gonzáles N, Becerra S, 2015

Una vez aplicados los criterios de la fórmula de proyección en años podemos darnos cuenta en la gráfica, cuanta población va incrementar durante todo el periodo de vida útil de nuestra investigación.

## **CAPITULO III**

### **3 MARCO DE RESULTADOS**

#### **3.1 DISEÑO DE LA ODN CON TECNOLOGÍA GPON**

En este capítulo se realizará el análisis y despliegue que debe tener la red de acceso GPON para que esta red se encuentre lista para sustentar los actuales y nuevos servicios de telecomunicaciones y para que en un futuro desplace a la red de cobre instalada.

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.

A continuación, se establece las peticiones del servicio que requieren los usuarios, para la red a diseñarse:

- Bajo costo
- Ancho de banda
- Descarga rápida de archivos
- Protección contra virus informáticos
- Servicios con calidad superior a los que actualmente utilizan.
- Disponibilidad de los servicios sin restricciones.
- Servicio de mantenimiento inmediato.

### 3.2 Equipos a proponer en 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.

Según las especificaciones técnicas, se escogieron los equipos que puedan satisfacer a la posible carga de usuarios del sector en estudio, los cuales deben cumplir con las especificaciones requeridas, además deben ser económicos y garantizar su buen funcionamiento. Adicionalmente, la empresa que ofrezca los equipos, deben cumplir con los siguientes términos:

- Asistencia técnica completa
- Responsabilidad de los trámites de importación y nacionalización de los equipos.
- Sustitución temporal de partes en caso de fallas.
- Sistema completo de administración centralizado de la red GPON.
- Stack de servidores.
- Responsabilidad de las licencias de GPON tanto para OLT como ONTs.

#### 3.2.1 Terminal de Línea Óptico



**Figura. 1-3 Terminal de Línea Óptico SmartAX MA5603T marca Huawei.**

Fuente: [http://www.alibaba.com/product-detail/6-service-boards-Huawei-SmartAX-MA5603T\\_60291601089.html](http://www.alibaba.com/product-detail/6-service-boards-Huawei-SmartAX-MA5603T_60291601089.html)

#### **Especificaciones:**

La SmartAX MA5600T es la primera plataforma de acceso global integral que proporciona acceso óptico integrado y DSL. Puede proporcionar acceso de alta densidad ADSL2+, VDSL2, POTS, RDSI, GPON y Ethernet de fibra P2P, servicio Triple Play y servicios de líneas arrendadas

TDM/ATM/Ethernet para clientes empresariales. La MA5600T ayuda a simplificar la arquitectura de la red para permitir la migración sin inconvenientes en la red FTTx y reducir el costo total de propiedad.

Hay dos tipos de sub-bastidores. El sub-bastidor grande incorpora 16 ranuras de servicio, mientras que el mediano (MA5603T) solo 6. El hardware y el software de las plataformas MA5600T y MA5603T son compatibles.

El equipo OLT que se escogió soporta múltiples métodos de acceso, por su capacidad de conmutación de 960 G/s o superior, para poder cubrir la demanda de usuarios existente en el sector , por su capacidad de agregación de 3.2 T/s en el backplane para futuras ampliaciones, 512K direcciones MAC, además de su alta densidad de interfaces de GE/10GE en cascada, hasta 36 \* 140 \* 10GE o interfaces de GE, al igual que a su costo económico y a sus características las cuales cumplen satisfactoriamente con las expectativas y necesidades de la zona además de contar con una garantía atractiva y ser capaz de otorgar una alta densidad de interface sin la necesidad de realizar inversiones adicionales en switches de agregación.

### **3.2.2 Terminal de Red Óptico.**



**Figura. 2-3 Terminal de Red Óptico Echo Life HG861 marca Huawei.**

**Fuente:** [http://www.alibaba.com/product-detail/Huawei-EchoLife-ONT-Series-HG861\\_60237821763.html](http://www.alibaba.com/product-detail/Huawei-EchoLife-ONT-Series-HG861_60237821763.html)

#### **Especificaciones:**

El Echo Life HG861 es un terminal de red óptica (ONT) para interiores de la solución FTTH Huawei. Con el uso de la tecnología GPON, se ofrece acceso de banda ultra-ancha para usuarios residenciales y pequeñas empresas. El HG861 incorpora un puerto Ethernet GE / FE autoadaptable y un puerto de CATV. El HG861 cuenta con capacidades de transmisión de alto rendimiento para garantizar una experiencia excelente con servicios de VoIP, Internet y de video de alta definición.

Este equipo fue seleccionado dado su soporte de servicios Triple - play. Múltiples interfaces, a sus tasas de Transferencia: máxima de bajada de 2.488 Gbps y máxima de subida de 1.244 Gbps y su potencia de transmisión óptica -1.5 dBm a 5 dBm, además se seleccionó este equipo debido a su bajo costo, a la alta eficiencia y rentabilidad.

### 3.2.3 Splitter.

#### Especificaciones:

Relación de separación 1:2 a 2:64. De tamaño pequeño, para uso general, se puede instalar en una caja de conexión, en un gabinete de interconexión óptica o distribuidor óptico para la separación de fibras ópticas. Utiliza cables conectorizados ópticos como extremos de entrada y salida del splitter óptico.

**Tabla 1-3 Características Splitter SPL9109 marca Huawei**

Descripción	Unidades		
Relación		1:4	1:8
Longitud de onda de operación	nm	1310/1460/1600	1310/1460/1600
Perdidas por inserción (Max)	dB	3.6	7.5
Uniformidad (Max)	dB	1	1
Perdida de retorno (Min)	dB	55	55
Directividad (Min)	dB	55	55
Polarización (Max)	dB	0.2	0.3
potencia total de entrada	mW	300	300
Tipo de conector		SC/APC	SC/APC

**Fuente:** <http://www.huawei.com/ec/products/fixed-access/fttx/odn/optical-splitter/index.htm>

Se escogió los Splitters 1:8 como primarios, ya que posibilitan la configuración de redes PON con topología de redundancia. Son utilizados principalmente en redes ópticas que necesiten de la implementación de mecanismos de protección; además no posee pérdidas de Retorno (dB).

Los Splitters ópticos fueron escogidos debido a la necesidad existente en las nuevas redes de distribuir de forma eficiente las múltiples señales ópticas y brindar un servicio rápido, económico y óptimo. Este equipamiento será adquirido en un precio económico atractivo con una excelente

garantía y soporte técnico además de la misión de cumplir un rol protagónico y vital en la difusión óptica de la señal.

### 3.2.4 Cierres de Fibra Óptica



**Figura. 3-3 Cierres de Fibra Óptica FB 8000.XX marca Fibrain**

Fuente: [http://b2b.bridgat.com/telecom\\_parts-b1227\\_0.html](http://b2b.bridgat.com/telecom_parts-b1227_0.html)

#### **Especificaciones:**

Las mangas o MUFAS que se han presupuestado en el presente análisis son de marca FIBRAIN, protegen las fibras ópticas en donde se tienen conexiones y derivaciones, se puede instalar bajo tierra, en redes aéreas, montadas en paredes, pedestales o directamente enterradas, es aplicable para fibras mono modo y fibras tipo cinta.

Tiene un rango de temperatura de -40 a +50 grados Celsius. Una capacidad máxima de 240 núcleos (24 núcleos en la manga utilizada). Se puede utilizar para cables con diámetro de 6mm, 17.5mm y 23mm. Es sellado a prueba de aire con una presión de 100Kpa después de 24 horas de inmovilidad.

- Resistencia de aislamiento  $>2 \times 10^4$  MW.
- Resistencia de voltaje de 15KvDC/1min.

### 3.2.5 Distribuidor de Fibra Optica



**Figura. 4-3 Distribuidor de fibra óptica 3U marca Huawei**

Fuente: <http://www.newcablecity.com/fiber-optical-odf/195-huawei-48-core-odf-.html>

#### **Especificaciones:**

Es primordialmente utilizado para conectar y organizar fibras y cables ópticos; Huawei provee ODFs con tres capacidades diferentes dependiendo del tamaño físico y capacidad del número de fibras que se tengan, con configuración modular en un rack normalizado de 19" con bandejas de 8 fibras y con sub-bandejas. El modelo a utilizar tiene una capacidad para 16 empalmes, 8 conectores de tipo SC.

### 3.3 Criterios técnicos de diseño en redes GPON

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.
- 🚩 Ubicación de la OLT
- 🚩 Tipo de fibra y cableado a utilizarse.
- 🚩 Ubicación de equipos.

#### 3.3.1 Tipo de red a utilizarse en el diseño

Teniendo en consideración los criterios presentados en capítulos anteriores se aprecia que la arquitectura más eficiente en el proceso de diseño será FTTN porque nuestro proyecto está dirigido a usuarios residenciales y 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.

Se decide emplear en el presente trabajo una red GPON, con las siguientes características:

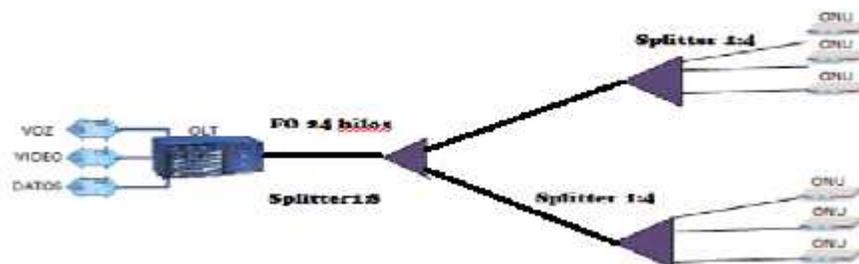
- El nivel de división que se emplea en la práctica y se lo considerara en el presente trabajo es de 1:8 y 1:4, dependiendo de cuantos clientes tengamos en cada nodo de las diferentes ciudadelas.
- De acuerdo al estudio del territorio del sector seleccionado cumple con la especificación de distancia de GPON que indica como recomendación de 20 km, en nuestro caso el lugar más lejano está a 4.2 km



**Figura. 5-3** Ruta desde la Ubicación de la OLT en la central, hasta las ciudadelas  
Fuente: <https://www.google.com.ec/maps/@0.9277972,-79.6737099,16z>

### 3.3.2 Topología de la red

Para el presente diseño utilizaremos la topología en árbol, porque este tipo de topología es la más utilizada, debido a su bajo costo y a su gran eficiencia.



**Figura. 6-3** Topología en Árbol Propuesta

Realizado por: Gonzáles N, 2016

### 3.3.3 Ubicación de la OLT

Para iniciar con la infraestructura de la ODN se parte con la ubicación de la OLT que para nuestro caso ya está existente y pertenece a CNT E.P que es la que brinda servicios portadores en esta ciudad, ubicado en la Central Esmeraldas 3 en el sur de la ciudad de Esmeraldas en las calles Primero de Mayo y Universitaria como muestra la Figura.7-3



**Figura. 7-3 Ubicación de la OLT en CNT EP.**

Fuente: <https://www.google.com.ec/maps/@0.9277972,-79.6737099,16z>

Una vez identificada la posición de la central en donde se encuentra ubicada la OLT, se procede a identificar los tramos para realizar la ubicación de la red ODN.

Se empleará 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.

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.

Se especifica un total de 64 ONTs por puerto GPON de la OLT. Nótese que cada 64 usuarios, se incorpora una conexión GPON. Cabe indicar que la red GPON utiliza 3 longitudes de onda, para la separación de los tipos de señales: Es por esta razón que las tres longitudes de onda se combinan en un multiplexor WDM (Wavelength Division Multiplexer).

1550 nm: señales analógicas y digitales, señal para video RF, desde la central a la ONT  
1490 nm: Voz, datos desde la OLT a la ONT.  
1310 nm: Voz, datos desde la ONT a la OLT.

### ***3.3.4 Tipo de fibra a utilizarse***

Se utilizará cable de fibra de estructura holgada F-G652D, 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 del cable de fibra óptica se utilizará tendido aéreo: a través de postes, se tiene la ventaja de la existencia de postes a lo largo del recorrido del cable, y 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.

### ***3.3.5 Ubicación de los equipos***

Se hará una descripción de la ubicación de los equipos a utilizar para el diseño

#### ***3.3.5.1 Ubicación del splitter primario***

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 está dividido en dos ciudadelas, se establecen dos niveles de división (*two-level splitting*), de esta forma se logra cubrir a más usuarios ubicados a distancias.

#### 3.3.5.2 Ubicación de los splitters secundarios y ONUs

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

Se conectará un splitter secundario de 1:4 en cada una de las ciudadelas. 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 anteriormente. Considerando que cada hilo de fibra soporta hasta 64 usuarios.

En la Figura. 8-3 se muestra el esquema de la red de acceso con el diseño propuesto completo: la ubicación de la OLT, el tendido de fibra, ubicación de splitters primarios y secundarios en cada una de las ciudadelas y la ubicación de las ONT.

En la Figura. 9-3 se visualiza el recorrido total desde donde sale la OLT hasta las ciudadelas La Tolita 1 y La Tolita 2 diseño se encuentra realizado en AUTOCAD.

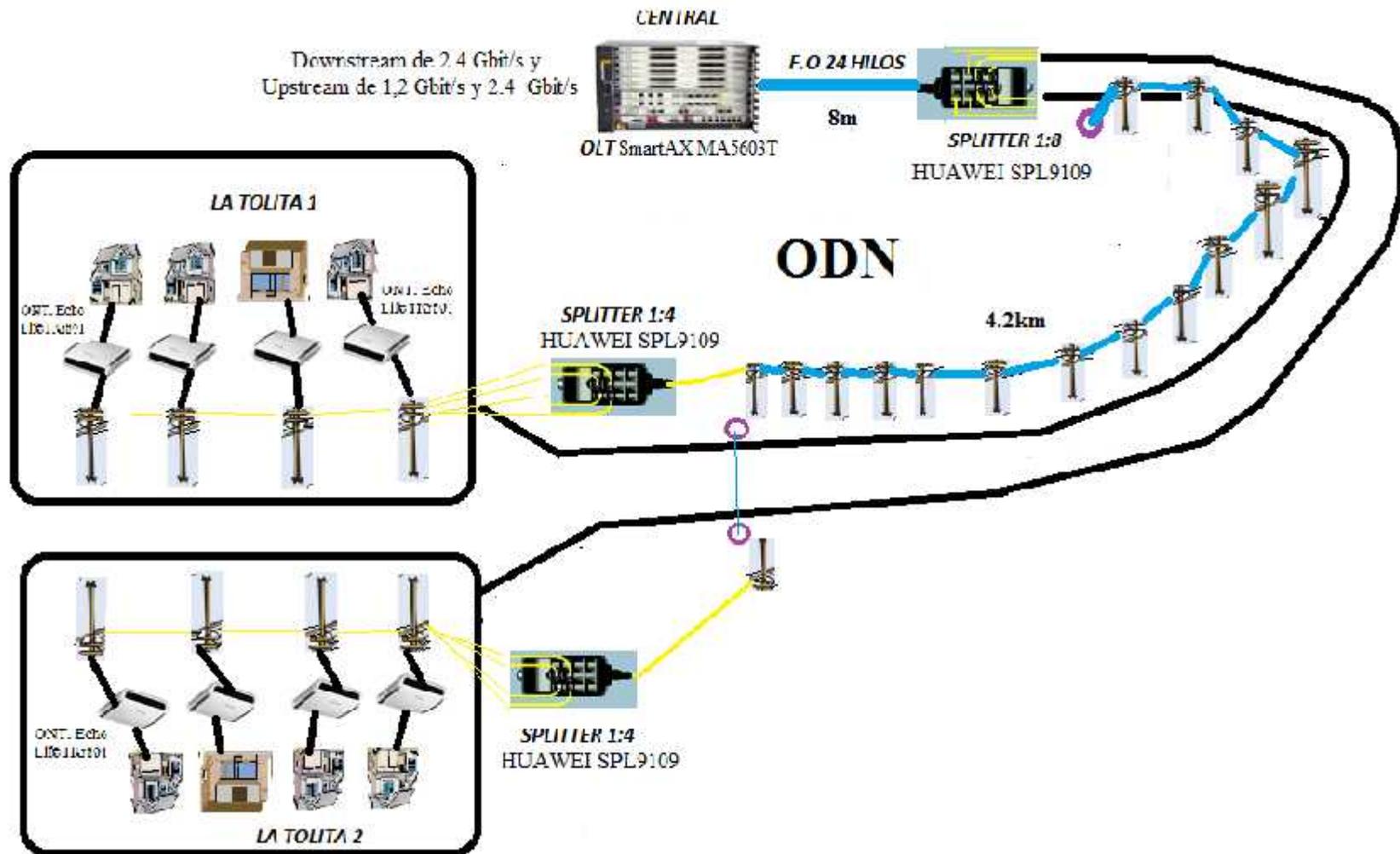


Figura. 8-3 Ubicación de los equipos de la ODN

Realizado por: Gonzáles N, Becerra S, 2015



**Figura. 9-3** Diseño completo de la ODN, distribución de la fibra desde la OLT hasta las ONT's

Realizado por: Gonzáles N, Becerra S, 2016

### 3.3.6 Equipo final de usuario

Para ofrecer al usuario final el paquete Triple Play se empleará un modem 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.10-3 muestra una aproximación de la conexión entre la ONU y el equipo final de usuario:



**Figura. 10-3 Conexión entre la ONU y el equipo final de usuario**

Fuente:[http://biblioteca.cenace.org.ec/jspui/bitstream/123456789/1008/15/Quishpe\\_Alexandra2.pdf](http://biblioteca.cenace.org.ec/jspui/bitstream/123456789/1008/15/Quishpe_Alexandra2.pdf)

### 3.4 Fortalezas del diseño

- Los beneficios más representativos que brinda este diseño es que mediante un solo hilo de fibra óptica se expande hasta 64 usuarios y se podrá brindar los tres servicios de comunicaciones.
- La capacidad de la fibra para soportar velocidades de datos más altas. Gran ancho de banda en el orden de los Gigabit.
- Beneficios económicos de fibra a largo plazo. Durante la vida útil de la red, la fibra óptica es generalmente una opción más viable económicamente que el cobre.
- El mayor ancho de banda de la fibra puede producir un ahorro considerable al eliminar y tirar de nuevo el cable al ampliar la red para soportar aplicaciones con mayor ancho de banda.
- La fibra es inmune a las señales de EMI / RFI.
- La fibra óptica transporta la luz en lugar de electricidad, por lo que no se ve afectado por interferencias electromagnéticas de la energía
- La fibra es inmune a la interferencia
- Los sistemas de fibra son más fáciles de probar. Incluso con tasas de datos más altas.

- La fibra proporciona una mayor fiabilidad y seguridad de los equipos. A diferencia del cobre en instalaciones, todos los sistemas de cableado de fibra dieléctricos no conducen rayos que pueden dañar los equipos de transmisión electrónicos sensibles.

### **3.5 Simulación del Diseño**

A continuación se dará a conocer una herramienta de simulación donde se puede diseñar, probar y optimizar cualquier tipo de enlace de fibra óptica

#### **3.5.1 Herramienta Simulación**

La herramienta utilizada para realizar la simulación en este estudio fue OptiSystem 7.0 de Optiwave 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.

El Optisystem 7.0 es un innovador paquete de simulación de sistemas de comunicaciones ópticas,. 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 gráfica. 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.

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.

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 7.0 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 la Figura 11-3, 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.

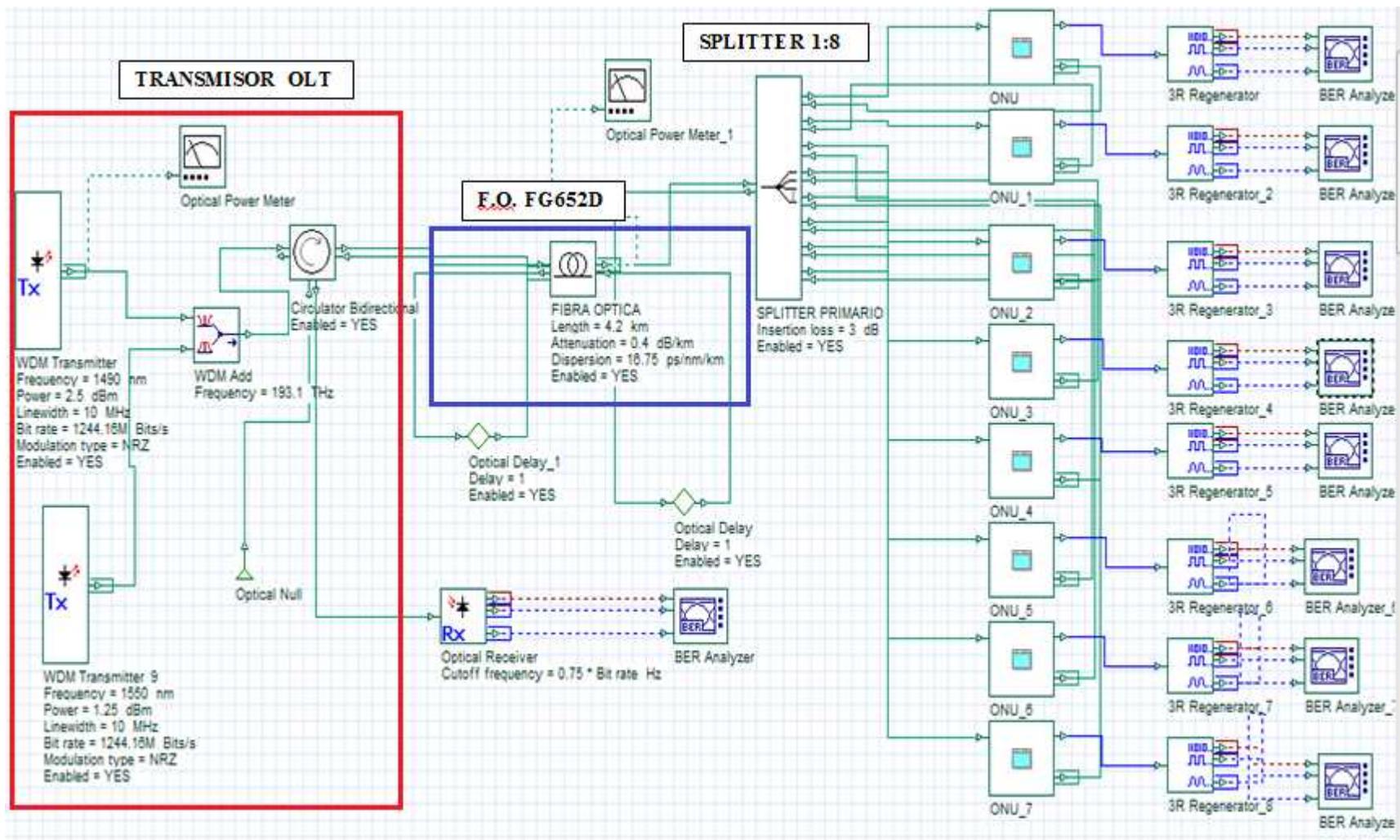


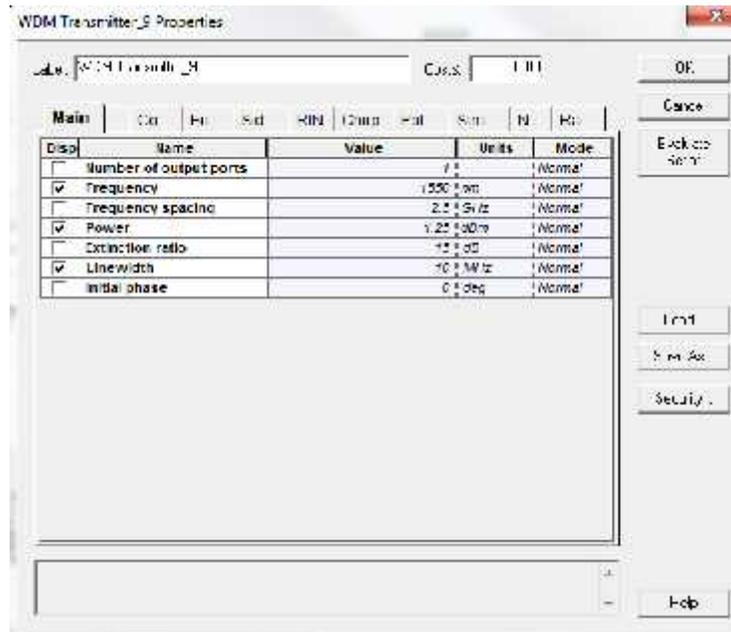
Figura. 11-3 Diagrama del diseño de la red de acceso para la simulación en Optisystem 7.0

Realizado por: Gonzáles N, Becerra S, 2016

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

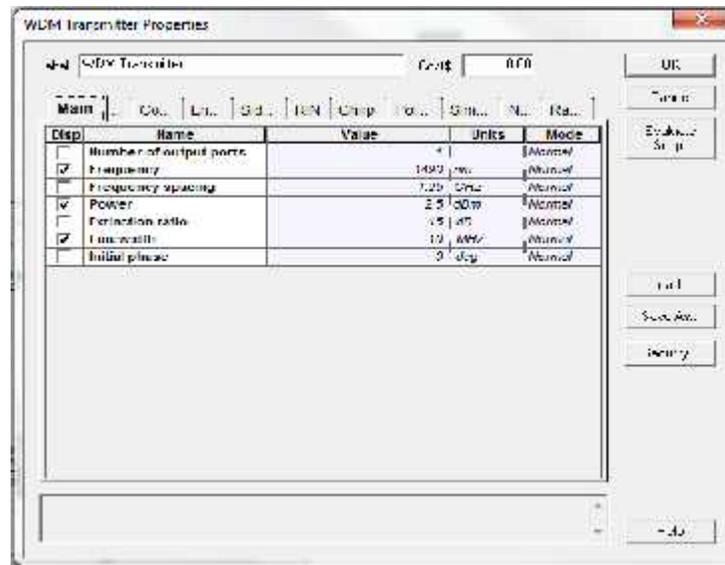
### 3.5.1.1 Terminal de Línea Óptica

En la simulación se muestran los parámetros para la transmisión a 1490nm y 1550nm.



**Figura. 12-3** Parámetros para la transmisión a 1550 nm.

Realizado por: Gonzáles N, Becerra S, 2015

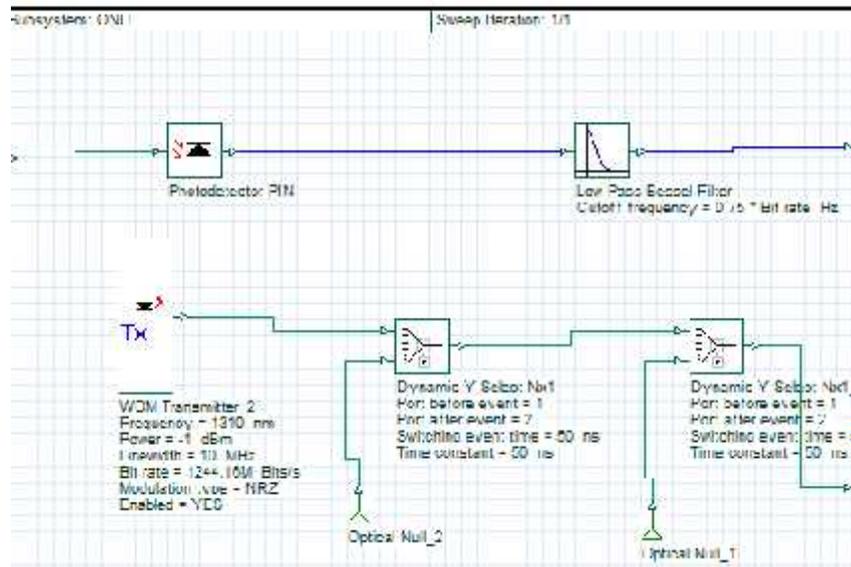


**Figura. 13-3** Parámetros para la transmisión a 1490 nm.

Realizado por: Gonzáles N, Becerra S, 2015

### 3.5.1.2 Unidad de Red Óptica

En el diseño de esta red se tuvo en cuenta 8 ONU's que se encuentran a 4.2 km de la OLT para ello se tuvo que adecuar un subsistema que permita simular las ONU'S, que a continuación se detalla.

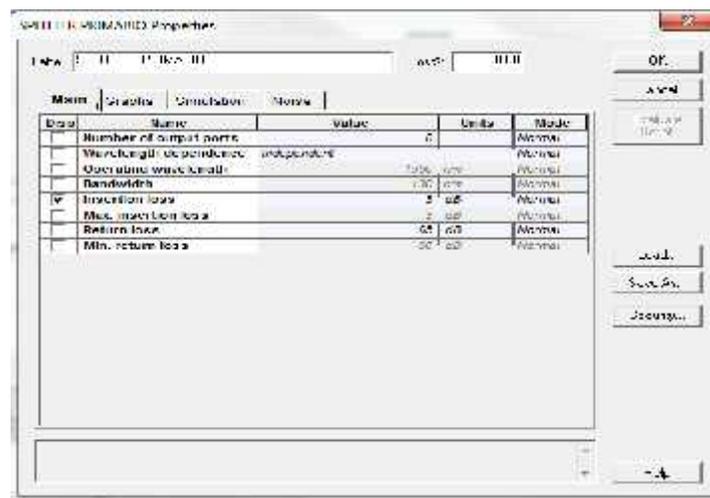


**Figura. 14-3** Parámetros de la ONU

Realizado por: Gonzáles N, Becerra S, 2015

### 3.5.1.3 Splitter

El Optisystems 7.0 permite introducir los valores correspondientes del splitter teniendo en cuenta varios datos significativos tales como la razón de splitter, los valores de atenuación entre otros.

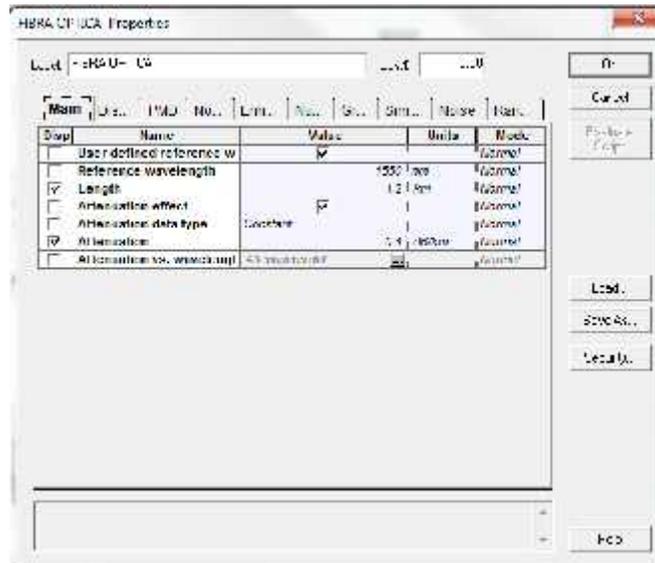


**Figura. 15-3** Parámetros del Splitter.

Realizado por: Gonzáles N, Becerra S, 2015

### 3.5.1.4 Cable

Igualmente, el Optisystems 7.0 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 entre otros.



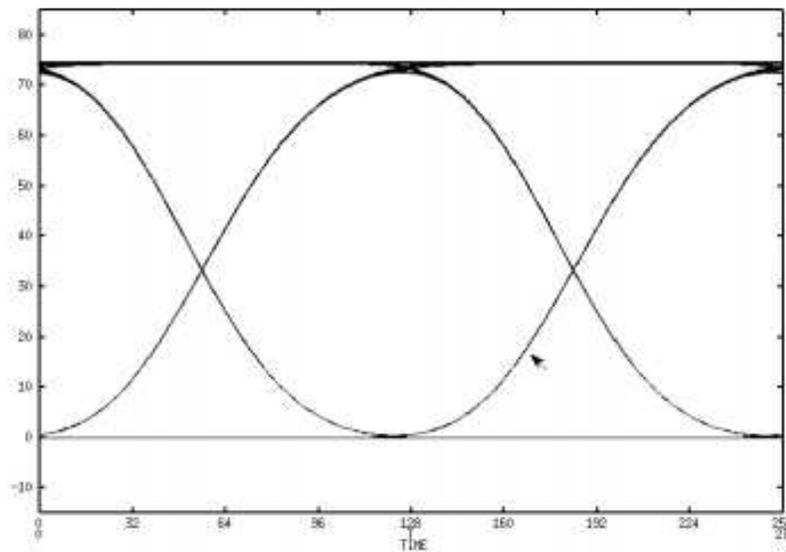
**Figura. 16-3** Parámetros del cable de fibra óptica

Realizado por: Gonzáles N, Becerra S, 2015

### 3.5.2 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.

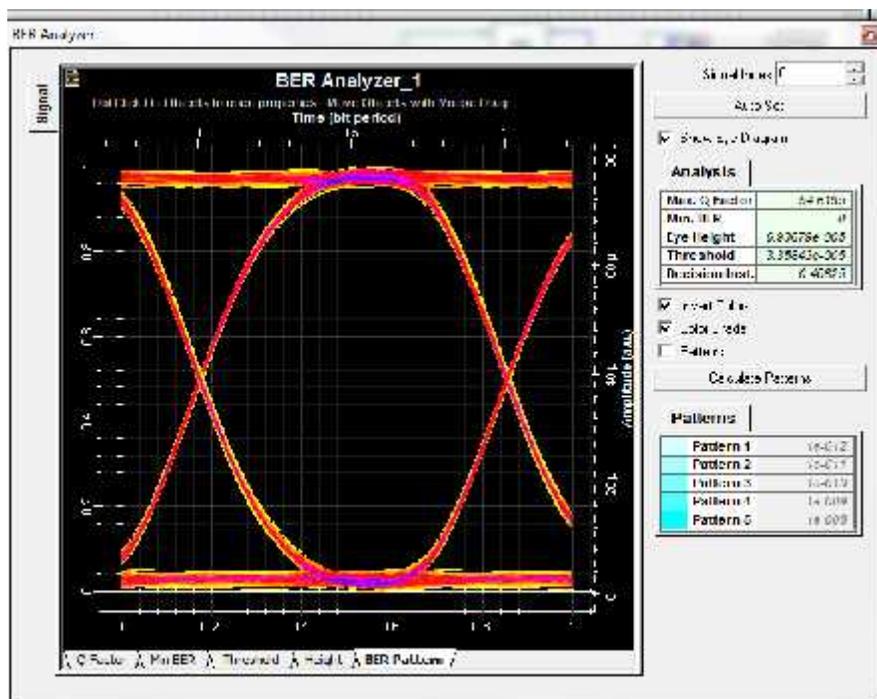
El diagrama de Ojo, es muy utilizado en el análisis de formas de ondas en telecomunicaciones digitales, corresponde esencialmente, a un diagrama que muestra la superposición de las distintas combinaciones posibles de unos y ceros en un rango de tiempo o cantidad de bits determinados. Dichas señales transmitidas por el enlace, permiten obtener las características de los pulsos que se propagan por el medio de comunicación, sean estos por medio de fibra óptica, coaxial, par trenzado, enlaces satelitales, etc



**Figura. 17-3 Diagrama de ojo ideal**

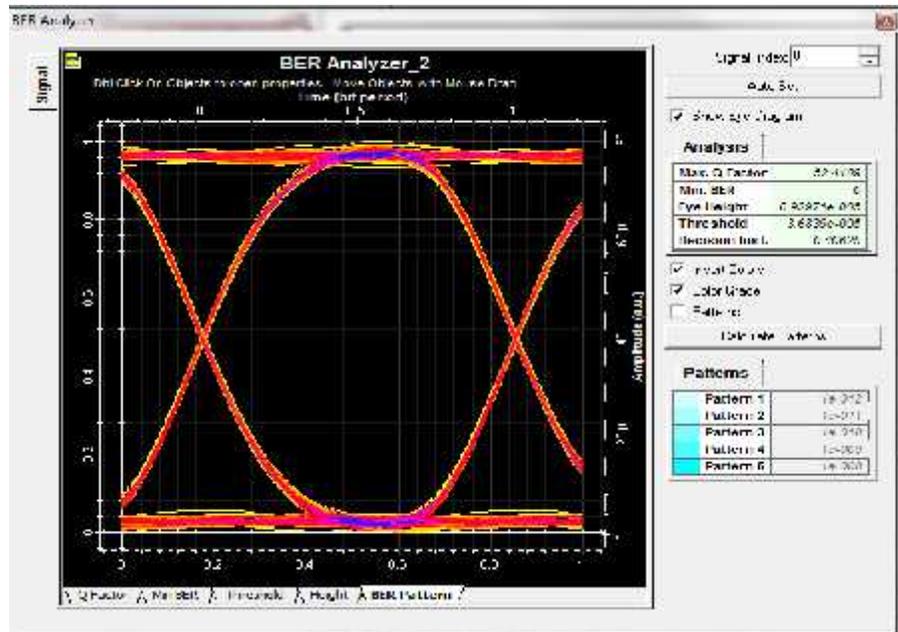
Fuente: <http://www.euskalnet.net/mpetirena/DiagOjos.pdf>

A continuación se presentan las simulaciones de las primeras ONU's



**Figura. 18-3 Diagrama de ojo de la ONU 1**

Realizado por: Gonzáles N, Becerra S, 2015



**Figura. 19-3 Diagrama de ojo de la ONU 2**

Realizado por: Gonzáles N, Becerra S, 2015

### 3.6 Análisis Financiero

Dentro del presente estudio se requiere hacer un análisis económico a fin de determinar la viabilidad o no del proyecto, para esto se analizará los costos que implican la puesta en marcha del presente diseño.

#### 3.6.1 Presupuesto de costo

A continuación se indican los precios referenciales de los equipos necesarios para la implementación de la red GPON. Partiendo desde la Central Esmeraldas 3 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.

**Tabla 2-3 Costo del Enlace**

DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Fuente de poder principal	U	1	\$850	\$850
Fuente de poder de respaldo	U	1	\$850	\$850
ODF 24 puertos para rack	U	1	\$1450	\$1450
chasis OLT 16 ranuras	U	1	\$1675	\$1675
Tarjeta OLT de 4 salidas GPON G984.X	U	2	\$5583	\$11166
Tarjeta OLT de enlace UPLINK de 10GB	U	1	\$5583	\$5583
<b>Realizado por:</b> Gonzáles N, Becerra S, 2015				
			<b>TOTAL</b>	<b>\$21574</b>

**Tabla 3-1 Costo del Transporte**

DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
F.O. monomodo de 1 hilo tipo G.652	m	4815	\$1,3	\$6259,5
F.O. monomodo de 8 hilo tipo G.652	m	556	\$2,1	\$1167,6
Mufa	U	1	\$1650	\$1650
splitters con relación 1:4	U	6	\$237	\$1422
splitters con relación 1:8	U	24	\$376	\$9024
ONT indoor	U	138	\$244	\$33672
<b>Realizado por:</b> Gonzáles N, Becerra S, 2015				
			<b>TOTAL</b>	<b>\$53195.1</b>

**Tabla 4-3 Costo de Instalación**

DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Pinzas de Soporte de F.O.	U	130	\$2,5	\$325
Soporte para clousures	U	30	\$3,3	\$99
Grapas de suspensión de F.O.	U	130	\$1,4	\$182
Clousures	U	30	\$83	\$2490
<b>Realizado por:</b> Gonzáles N, Becerra S, 2015				
			<b>TOTAL</b>	<b>\$3096</b>

**Tabla 5-3 Análisis de Mano de Obra**

<b>DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO UNITARIO</b>	<b>TOTAL</b>
Montaje y Programación de OLT	U	1	\$1800	\$1800,0
Armado de rack de F.O. y accesorios	U	1	\$220	\$220,0
Montaje y armado de splitters 1:4	U	24	\$60	\$1440,0
Montaje y armado de splitters 1:8	U	6	\$95	\$570,0
Pruebas de atenuación de F.O.	U	1	\$90	\$90,0
Tendido de F.O. con manguera y sujeción de postes	U	5371	\$0,63	\$3383,7
Armado de Mufa	U	1	\$436	\$436,0
Armado e instalación de ONT	U	138	\$29	\$4002,0
Armado y montaje de ODF conexión, fusión y organización de F.O. en ODF	U	1	\$470	\$470,0
<b>Realizado por:</b> Gonzáles N, Becerra S, 2015			<b>TOTAL</b>	<b>\$12412</b>

**Tabla 6-3 Costo Total de la Red de Acceso**

<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>TOTAL</b>
Costo Total de la Red de Acceso	<b>\$90277,1</b>

**Realizado por:** Gonzáles N, Becerra S, 2015

El costo-beneficio aproximado que obtendrá la implementación del diseño viene dado por el número de usuarios que van a utilizar la red 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 7-3 y 8-3

**Tabla 7-3 Ingresos Mensuales**

<b>Número de Abonados</b>	<b>Costo mensual del servicio</b>	<b>Ingreso Mensual</b>	<b>Costo Mensual de Mantenimiento</b>	<b>Ingreso Mensual</b>
536	\$30	\$16080	\$804	\$15276

**Realizado por:** Gonzáles N, Becerra S, 2015

**Tabla 8-3 Costo- Beneficio y recuperación de la inversión.**

<b>Número de Abonados</b>	<b>Ingreso Anual</b>	<b>Costo Total de la Red de Acceso</b>	<b>Beneficio Primer año</b>
536	\$183312	<b>\$90277,1</b>	\$93034,9

**Realizado por:** Gonzáles N, Becerra S, 2015

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 diseño.

## CONCLUSIONES

- Las redes GPON son capaces de soportar tasas nominales de dirección downstream de 2.4 Gbit/s y upstream de 1,2 Gbit/s y 2.4 Gbit/s.
- 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.
- La distancia máxima de la ODN, es decir, distancia entre la OLT y ONT no debe superar los 20 Km. Esto incluye la distancia del Feeder, distancia de la fibra óptica de distribución y la fibra óptica del cable drop o acometida.
- El splitter utiliza el mayor porcentaje de pérdida óptica y cada conector que se utilice en un camino óptico debe presupuestarse como 0.5dB según la ITU de pérdida por inserción o atenuación.
- La atenuación máxima de la red ODN no debe superar los 28 dB, considerando los 3dBs de margen de protección.
- La red GPON es robusta, segura y es capaz de transferir anchos de banda del orden de gigabits. Tiene elementos pasivos en la planta externa y bajo costo de mantenimiento en comparación a otras redes. La vida útil de los equipos a utilizar es de 10 años.
- Los equipos utilizados en este diseño son de marca Huawei, puesto que tiene la ventaja sobre sus competidores del precio reducido de sus equipos con una calidad similar y compatibilidad
- El análisis económico con el que se determinó la viabilidad del diseño tiene una inversión de \$90277,10 la que según nuestras proyecciones será recuperada en seis meses.

## RECOMENDACIONES

- ✚ Respetar las normativas de diseño para redes GPON, lo cual permitirá obtener excelentes resultados.
- ✚ Únicamente se permiten dos niveles jerárquicos de Splitters: de primer nivel con respaldo y de segundo nivel sin respaldo conectado de un Splitter primario.
- ✚ Con el fin de no introducir pérdidas adicionales no consideradas, se debe tener presente los cuidados propios de la manipulación y mantenimiento de fibra óptica, por ejemplo, limpieza de conectores, cortes de fibra compatibles, etc.
- ✚ Colocar el splitter lo más cerca de los clientes de esta forma se reduce la inversión del capital de la ODN.
- ✚ Implementar este trabajo de investigación dentro de máximo un año, puesto que varían los precios de los equipos debido a que actualizan la tecnología de los mismos.

## BIBLIORAFÍA

1. **ALBA , Julio & MILLÁN Ramón** “Triple Play” .*Consultoría estratégica en tecnología de la información y la comunicación* [en línea], 2012 (España) 89(1), pp. 87-89. [Consulta: 15 julio 2015]. Disponible en : <http://www.ramonmillan.com/tutoriales/tripleplay.php#sthash.dKziuaNM.dpuf>
2. **ASETA.** [en línea], 2012. *Asociación de Empresas de Telecomunicaciones de la Comunidad Andina.* [Consulta: 18 junio 2015] Disponible en: <http://www.aseta.org/>
3. **CNT.** [digital], 2012. Corporación Nacional de Telecomunicaciones E.P. *Normativa de Diseño de la ODN.* Quito-Ecuador. [Consulta: 7 septiembre 2015]
4. **CORTEZ, Francisco & LAIN José.** “FTTX: El futuro de la banda ancha”, TELNET [en línea], 2012 (España) 89(1), pp. 87-89 [Consulta: 11 junio 2015] Disponible en: <http://nemesis.tel.uva.es/images/tCO/contenidos/tema1.pdf>
5. **EZEQUIEL Chan.** [en línea], 2012. *Redes para "Triple Play".* [Consulta: 16 septiembre 2015] Disponible en: [svn2.assembla.com/svn/UNLu/TyR/.../3\\_T\\_2010\\_redes\\_para\\_tipleplay.pdf](svn2.assembla.com/svn/UNLu/TyR/.../3_T_2010_redes_para_tipleplay.pdf)
6. **FIBER OPTIC SOLUTION,** “Fiber Optic Patch Cord Production Line” [en línea], 2014. [Consulta 12 octubre 2015]. Disponible en: <http://www.suntelecommunication.cn/Handheld-Fiber-Optic-Power-Meter.html>
7. **FOA.** [en línea], 2012. *The Fiber Optic Association Inc.,* [Consulta: 18 septiembre 2015] Disponible en: <http://www.thefoa.org>
8. **FURUKAWA,** “Caixa Terminal Óptica Conectorizada” [en línea], 2013. [Consulta: 20 noviembre 2015]. Disponible en: <http://preview.furukawa.com.br/br/produtos/caixa-de-emenda/caixa-terminal-optica-conectorizada-821.html>
9. **INEC,** “Censo poblacional” [en línea] [Consulta: 13 septiembre 2015]. Disponible en :[http://www.inec.gob.ec/cpv/index.php?option=com\\_content&view=article&id=232&Itemid=12](http://www.inec.gob.ec/cpv/index.php?option=com_content&view=article&id=232&Itemid=12)

8&lang=es

10. **ITU**, “The leader on G-PON standards”. *G-PON Your full service fibre optic access network transport solution*, [en línea], 2013. [Consulta: 10 septiembre 2015]. Disponible en: <http://www.globalnetwave.com/docs/ITU%20GPON%20INFO%20Sheet-1.pdf>
11. **ITU-T G.984.1**, Gigabit-capable passive optical networks (GPON) [en línea], (2012): General characteristics. [Consulta: 18 junio 2015] Disponible en: [http:// http://www.itu.int/rec/T-REC-G.984.1-200803-I/es](http://www.itu.int/rec/T-REC-G.984.1-200803-I/es).
12. **ITU-T G.983.1**, Broadband optical access systems based on Passive Optical Networks (PON) [en línea], 2012. [Consulta: 21 junio 2015] Disponible en: [http:// http://www.itu.int/rec/T-REC-G.983.1-200803-I/es](http://www.itu.int/rec/T-REC-G.983.1-200803-I/es).
13. **ITU-T G.983.2** Recommendation ONT management and control Interface specification for B-PON [en línea], 2012. [Consulta: 12 julio 2015]. Disponible en: [www.itu.int/rec/T-REC-G.983.2-200803-I/es](http://www.itu.int/rec/T-REC-G.983.2-200803-I/es).
14. **LATTANZI Miguel & GRAF Agustín**, “Redes FTTx Conceptos y Aplicaciones” [en línea], 2013.(Argentina) 76(1), pp. 39-43. [Consulta: 18 junio 2015]. Disponible en : <http://www.cicomra.org.ar/cicomra2/expocomm/TUTORIAL%209%20Lattanzi%20y%20Graf-%20IEEE.pdf>
15. **TOMASI, Wayne** “*Sistemas de Comunicaciones Electrónicas*”, [en línea] Cuarta Edición (2003) [Consulta: 20 julio 2015]. Disponible en : <https://hellsingge.files.wordpress.com/2014/08/sistemas-de-comunicaciones-electronicas-tomasi-4ta-edicic3b3n.pdf>
16. **QUISHPE, Alejandra & VINUEZA Nuvia & JIMÉNEZ María**. *Estudio de factibilidad de una red de acceso para servicios triple play en el sector central de la ciudad de Ibarra, mediante la combinación de las tecnologías FTTX (FIBER TO THE X)*. [En línea] (tesis) Escuela Politécnica Nacional (EPN), Quito – Ecuador. 2013, pp 58-63 [Consulta: 02 septiembre 2015] Disponible en: [http://biblioteca.cenace.org.ec/jspui/bitstream/123456789/1008/15/Quishpe\\_Alexandra2.pdf](http://biblioteca.cenace.org.ec/jspui/bitstream/123456789/1008/15/Quishpe_Alexandra2.pdf)

17. **MILLAN, Ramón.** *Redes y Servicios de Telecomunicaciones* [blog]. España: Diciembre 1, 2012 [Consulta: 02 Diciembre 2015] Disponible en: <http://blogtelecomunicaciones.ramonmillan.com/2012/12/comparativa-gpon-vs-epon.html>.
18. **LEONOR, Catherine.** *“Estudio e investigación para realizar un análisis técnico-económico acerca de la factibilidad de implementación de redes FTTH en comparación con redes de cobre ADSL”*. [En línea] (Tesis) Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Guayaquil-Ecuador. 2014, pp 29-30 [Consulta: 12 Diciembre 2015] Disponible en: <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/123456789/1807/1/T-UCSG-PRE-TEC-ITEL-46.pdf>
19. **SANGUÑA, Fernando.** *Estudio técnico de la red de comunicaciones para brindar los servicios de voz, internet y video por demanda de una urbanización*. [En línea] (Tesis) Escuela Politécnica Nacional (EPN), Quito – Ecuador. 2013, pp 19-25 [Consulta: 15 Diciembre 2015]. Disponible en: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/1764/1/CD-2763.pdf>

**ANEXOS**

**Anexo A: Modelo de Encuesta para el Estudio De La Demanda**



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

La presente encuesta tiene como objetivo recolectar información para el "DISEÑO DE UNA ODN PARA UNA RED ÓPTICA DE ACCESO MEDIANTE TECNOLOGÍA GPON PARA SERVICIOS TRIPLE PLAY EN EL SECTOR "LA TOLITA 1 Y LA TOLITA 2" DE LA CIUDAD DE ESMERALDAS. Le solicitamos por favor que conteste con la mayor seriedad y sinceridad

**1.- ¿Qué servicios de telecomunicaciones tiene usted contratado?**

- TELEFONÍA FIJA**
- TELEVISIÓN POR CABLE**
- INTERNET**

**2.- Marque con una x la respuesta. Se encuentra usted conforme con su proveedor de servicio de telecomunicaciones actual.**

<b>NIVEL DE CONFORMIDAD</b>	<b>INTERNET</b>	<b>TV POR CABLE</b>	<b>TELEFONÍA</b>
<b>EXCELENTE</b>			
<b>MUY BUENO</b>			
<b>BUENO</b>			
<b>MALO</b>			
<b>MUY MALO</b>			

**3.- ¿Cuál o cuáles son los proveedores con los que tiene contratados los servicios?**

- TELEFONÍA FIJA**.....
- TELEVISIÓN POR CABLE**.....
- INTERNET**.....

**4.- Especifique ¿El costo de los servicios que tiene actualmente contratado?**

- TELEFONÍA FIJA**.....
- TELEVISIÓN POR CABLE**.....
- INTERNET**.....

**5.- ¿Estaría dispuesto a contratar servicio triple play (telefonía fija, internet y televisión por cable) por un solo costo?**

- SI**  **NO**

**6.- ¿Qué valor estaría dispuesto a pagar por el servicio triple play (telefonía fija, internet y televisión por cable)?**

<b>POSIBLES VALORES</b>	<b>ENCUESTADOS</b>	<b>PORCENTAJES</b>
<b>30\$ - 40\$</b>		
<b>40\$ - 50\$</b>		
<b>MAYOR A 50</b>		
<b>OTRO VALOR</b>		

## Anexo B Simbología de Redes GPON

DESCRIPCIÓN	PROYECTADO	EXISTENTE
RACK DE PISO 9x20"		
OLT DE DISTRIBUIDOR		
ARMARIO FTTH		
CAJA DE DISTRIBUCIÓN ÓPTICA AÉREA		
CAJA DE DISTRIBUCIÓN ÓPTICA DOBLE CONECTOR		
CAJA DE DISTRIBUCIÓN ÓPTICA DE PISO		
CAJA DE DISTRIBUCIÓN ÓPTICA SUBTERRÁNEA		
EDIFICIO CON RED GPON		
EMPALME DE FIBRA		
EMPALME DE FIBRA Y SPLITTER		
FIBRA ÓPTICA		
ONT (ABONADO)		
ROSETA ÓPTICA		
SPLITTER DE UNA ENTRADA		
SPLITTER DE DOS ENTRADAS		
HIL OS DE RESERVA DE FIBRA		
ODF-CON SPLITTER REDES GPON		

## Anexo C Simbología de Redes GPON

ESTRUCTURA POZO		
CAJA DE DISTRIBUCIÓN OPTICA ADOSADA		
CAJA DE DISTRIBUCIÓN OPTICA MINIPOSTE		
TRANSFORMADOR AEREO		
HERRAJE DE RETENSION DE FIBRA GPON		
HERRAJE CRUCE AMERICANO GPON 2 EXTENSION Y 1 EXTENSION		
ESQUEMA ARMARIO GPON		
Ocupación monoducto canalización existente Ocupación biducto canalización existente		
BIFALME DE FIBRA DE DISTRIBUCION SALIDA DEL ARMARIO ESQUEMATICO		
MANGUERA CORRUGADA		
CAJA TERMINAL FIBRA OPTICA (TRANSICIÓN)		
ARMARIO FTTH 288C PARA ESQUEMATICO		
NORTE		
POSTE FIBRA DE VIDRO		