



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

“DISEÑO Y SIMULACION DE UNA RED FTTH UTILIZANDO
TECNOLOGIA ITU G984.X PARA LA MIGRACION DE UNA RED
ADSL EN LA CIUDAD DE ALAUSI.”

Trabajo de titulación

Tipo: Propuesta Tecnológica

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO EN ELECTRÓNICA, TELECOMUNICACIONES Y
REDES

AUTOR:

DANNY ALEJANDRO LEÓN VILEMA

Riobamba – Ecuador

2021



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

**“DISEÑO Y SIMULACION DE UNA RED FTTH UTILIZANDO
TECNOLOGIA ITU G984.X PARA LA MIGRACION DE UNA RED
ADSL EN LA CIUDAD DE ALAUSI.”**

Trabajo de titulación

Tipo: Propuesta Tecnológica

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO EN ELECTRÓNICA, TELECOMUNICACIONES Y
REDES**

AUTOR: DANNY ALEJANDRO LEÓN VILEMA

DIRECTOR: Ing. Msc. OSWALDO GEOVANNY MARTÍNEZ GUASHIMA.

Riobamba – Ecuador

2021

© 2021, Danny Alejandro León Vilema

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, **DANNY ALEJANDRO LEÓN VILEMA** declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provine de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación; El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 26 de Julio de 2021



Danny Alejandro León Vilema

0603348731

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

El Tribunal del trabajo de titulación certifica que: El trabajo de investigación: Tipo: Propuesta Tecnológica, **“DISEÑO Y SIMULACION DE UNA RED FTTH UTILIZANDO TECNOLOGIA ITU G984.X PARA LA MIGRACION DE UNA RED ADSL EN LA CIUDAD DE ALAUSI”**, realizado por el señor **DANNY ALEJANDRO LEÓN VILEMA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

NOMBRE	FIRMA	FECHA
<p>Ing. VERÓNICA MORA PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</p>	<p>..... <small>VERONICA ELIZABETH MORA CHUNLLO</small> Digitally signed by VERONICA ELIZABETH MORA CHUNLLO Date: 2021.07.28 08:17:59 -05'00'</p>	<p>26/07/2021</p>
<p>Ing. OSWALDO MARTÍNEZ DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN</p>	<p>..... <small>Firmado digitalmente por OSWALDO MARTINEZ GUASHIMA Nombre de Apellido(s) OSWALDO MARTINEZ GUASHIMA DN: cn=OSWALDO MARTINEZ GUASHIMA, o=ENTIDAD DE CERTIFICACION DE INFORMACION, ou=SECURITY DATA S.A. 2, c=EC</small> OSWALDO GEOVANNY MARTINEZ GUASHIMA</p>	<p>26/07/2021</p>
<p>Ing. DAVID MORENO MIEMBRO DEL TRIBUNAL</p>	<p>..... PAUL DAVID MORENO AVILES <small>Firmato digitalmente da PAUL DAVID MORENO AVILES ND: cn=PAUL DAVID MORENO AVILES, serialNumber=190721102300, ou=ENTIDAD DE CERTIFICACION DE INFORMACION, o=SECURITY DATA S.A. 2, c=EC Date: 2021.07.27 16:38:05 -05'00'</small></p>	<p>26/07/2021</p>

DEDICATORIA

“Dedico mi tesis a mis queridos padres Johny y María, que siempre me apoyaron moral y económicamente, hasta culminar mis estudios superiores siendo los pilares fundamentales de mi formación, a mis hermanos que siempre estuvieron a mi lado compartiendo su amor incondicional para fijar mis metas y culminarlas”

AGRADECIMIENTO

Agradezco primeramente al eterno creador por iluminarme y bendecirme cada día de mi vida, a mi querida Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por haberme abierto las puertas de su seno científico para poder estudiar y culminar mi etapa estudiantil, a cada uno de mis docentes que me brindaron su dedicación y compromiso en mi formación.

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiv
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xvii
RESUMEN	xix
SUMMARY	xx
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO.....	6
1.1 Estado del arte.....	6
1.2 Bases teóricas	8
1.3 Tecnología XDSL.....	8
1.4 Redes ADSL	8
1.5 Sistema de Comunicaciones Ópticas.....	9
1.5.1 <i>Arquitectura de los sistemas de comunicaciones ópticas.</i>	9
1.5.1.1 <i>Sistemas analógicos.</i>	9
1.5.1.2 <i>Sistemas digitales.</i>	10
1.5.2 <i>Técnicas de multicanalización.</i>	10
1.5.2.1 <i>Multicanalización por división de tiempo</i>	11
1.5.2.2 <i>Multicanalización por división en longitud de onda</i>	12
1.6 Fibra óptica	13
1.6.1 <i>Estructura de la fibra óptica.</i>	13
1.6.1.1 <i>Núcleo</i>.....	13
1.6.1.2 <i>Revestimiento.</i>.....	13
1.6.1.3 <i>Cubierta protectora</i>	14
1.6.2 <i>Modos de propagación</i>	14

1.6.2.1	<i>Multimodo</i>	14
1.6.2.2	<i>Monomodo</i>	15
1.6.3	<i>Clasificación por su índice de refracción</i>	15
1.6.3.1	<i>Fibra Óptica de índice escalonado</i>	15
1.6.3.2	<i>Fibra Óptica de índice gradual</i>	16
1.6.4	<i>Tipos de cables de fibra óptica</i>	16
1.6.4.1	<i>Cable Figura en 8</i>	16
1.6.4.2	<i>Cable Blindado</i>	16
1.6.4.3	<i>Cable de estructura holgada</i>	16
1.6.4.4	<i>Cable aéreo autoportante</i>	17
1.6.4.5	<i>Cable submarino</i>	17
1.6.5	<i>Factores que afectan las comunicaciones ópticas</i>	17
1.6.5.1	<i>Atenuación</i>	17
1.6.5.2	<i>Dispersión</i>	17
1.6.5.3	<i>Macro doblajes</i>	18
1.6.5.4	<i>Micro doblajes</i>	18
1.6.6	<i>Elementos de unión e interconexión</i>	19
1.6.6.1	<i>Conectores</i>	19
1.6.6.2	<i>Patch cord</i>	19
1.6.6.3	<i>Pigtail</i>	20
1.6.6.4	<i>Empalmes</i>	20
1.6.6.5	<i>Empalmes por fusión</i>	21
1.6.6.6	<i>Empalmes mecánicos</i>	21
1.6.6.7	<i>Empalmes por adhesión</i>	21
1.6.7	<i>Mufas o mangas</i>	21
1.6.8	<i>Herrajes</i>	21
1.6.9	<i>Aplicaciones de los sistemas ópticos</i>	22
1.6.9.1	<i>Redes troncales</i>	22
1.6.9.2	<i>Redes HFC</i>	22

1.6.9.3	<i>Redes LAN</i>	22
1.6.9.4	<i>Redes de acceso</i>	22
1.7	Redes PON	23
1.7.1	<i>Tipos de redes pon</i>	23
1.7.1.1	<i>APON (ATM Passive Optical Network)</i>	24
1.7.1.2	<i>BPON (Broadband PON)</i>	24
1.7.1.3	<i>GPON (Gigabit PON)</i>	24
1.7.1.4	<i>EPON (Ethernet PON)</i>	25
1.8	Gigabit Passive Optical Network (GPON)	25
1.8.1	<i>Definición de Gpon</i>	25
1.8.2	<i>Características del estándar Gpon</i>	25
1.8.3	<i>Normativas técnicas ITU G.984.X</i>	26
1.8.3.1	<i>Norma ITU-T G.984.1</i>	26
1.8.3.2	<i>Norma ITU-T G.984.2</i>	27
1.8.3.3	<i>Norma ITU-T G.984.3</i>	27
1.8.3.4	<i>Norma ITU-T G.984.4</i>	27
1.8.3.5	<i>Norma ITU-T G.984.5</i>	27
1.8.4	<i>Protocolos utilizados en redes Gpon</i>	28
1.8.4.1	<i>TDM (Time Division Multiple)</i>	28
1.8.4.2	<i>TDMA (Time Division Multiple Access)</i>	28
1.8.5	<i>Arquitectura una red GPON</i>	28
1.8.6	<i>OLT (Optical Line Terminal – Terminación de Línea Óptica)</i>	28
1.8.6.1	<i>ODN (Red de distribución óptica)</i>	29
1.8.6.2	<i>ONT (Optical Network Terminal – Terminal de Red Óptica)</i>	30
1.8.6.3	<i>ONU (Optical Network Unit – Unidad de Red Óptica)</i>	30
1.9	Redes FTTx	31
1.9.1	<i>FTTC (Fiber to the cabinet o fiber to the curb)</i>	31
1.9.2	<i>FTTB (Fiber to the building or Fiber to the Building)</i>	32
1.9.3	<i>FTTH (Fiber to the home)</i>	32

1.9.4	<i>FTTN (Fiber-to-the-node)</i>	32
1.9.5	<i>FTTE</i>	33
1.9.6	<i>FTTP</i>	33
1.9.7	<i>FTTD</i>	33
1.9.8	<i>FTTA</i>	34
1.10	Servicio triple play	35
1.10.1	<i>Definición</i>	36
1.10.2	<i>Servicios que componen el paquete triple play</i>	36
1.10.2.1	<i>Internet</i>	36
1.10.2.2	<i>Voz</i>	36
1.10.2.3	<i>Vídeo</i>	37

CAPITULO II

MARCO METODOLOGICO.....	38
2. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN.....	38
2.1 Tipos de investigación.....	38
2.1.1 <i>Investigación Bibliográfica</i>	38
2.1.2 <i>Investigación Descriptiva</i>	38
2.1.3 <i>Investigación de campo</i>	39
2.1.4 <i>Métodos de Investigación</i>	39
2.1.5 <i>Técnicas</i>	39
2.1.6 <i>Entrevista</i>	39
2.1.7 <i>Revisión de Registros</i>	39
2.1.8 <i>Observación</i>	40
2.2 Metodología para el diseño de la red de acceso Gpon en la ciudad de Alausí.	40
2.3 Localización de la zona	41
2.3.1 <i>Estudio del Sector</i>	41
2.3.1.1 <i>Zonificación del sector</i>	42
2.3.1.2 <i>Población</i>	43

2.3.1.3	<i>Demanda del Sector</i>	44
2.3.1.4	<i>Tamaño de la muestra</i>	44
2.3.1.5	<i>Diseño de la encuesta</i>	45
2.3.1.6	<i>Análisis de las Encuestas</i>	45
2.3.2	<i>Simbología de la red</i>	50
2.3.3	<i>Tipo de Cable de Fibra óptica</i>	51
2.3.4	<i>Nomenclatura para la Red Feeder, Distribución y dispersión</i>	53
2.3.5	<i>Creación de bloques en Software</i>	54
2.3.6	<i>Diseño de la Topología de la Red</i>	64
2.3.7	<i>Servicio de voz video y datos</i>	64
2.3.8	<i>Ancho de Banda de la red FTTH</i>	65
2.3.9	<i>OLT</i>	66
2.3.10	<i>ODF</i>	67
2.3.11	<i>Rack interior y exterior</i>	68
2.3.12	<i>Red Feeder</i>	68
2.3.12.1	<i>Nivel de Splitter primario</i>	69
2.3.13	<i>Red de Distribución</i>	73
2.3.14	<i>Red de Dispersión</i>	81
2.3.15	<i>Selección Elementos Activos y Pasivos</i>	81
2.3.16	<i>Presupuesto óptico</i>	84
2.3.16.1	<i>Distancia del usuario más cercano y más lejano Zona I</i>	84
2.3.16.2	<i>Distancia del usuario más cercano y más lejano Zona II</i>	87
2.3.16.3	<i>Distancia del usuario más cercano y lejano de la zona III</i>	89
2.3.16.4	<i>Distancia del usuario más cercano y lejano de la zona IV</i>	91
2.3.17	<i>Potencias de los usuarios más cercanos y lejanos</i>	94

CAPITULO III

3.	MARCO DE RESULTADOS	95
3.1	Simulación de la red diseñada	95

3.2	Desarrollo de la simulación.	96
3.2.1	<i>Descripción de la OLT</i>	97
3.2.2	<i>Descripción de la Red de Distribución Óptica</i>	98
3.2.3	<i>Descripción del Equipo Receptor (ONU)</i>	99
3.3	EVALUACIÓN DE LA SIMULACIÓN	100
3.3.1	<i>Caso usuario más cercano</i>	100
3.3.2	<i>Caso usuario más lejano</i>	102
3.3.3	<i>Resultados del Factor Q y BER de las zonas más cercanas y lejanas</i>	104
3.4	Triple play	105
3.4.1	<i>Voz, Internet y CaTV</i>	106
3.4.2	<i>Voz, Internet e IPTV</i>	107
3.4.3	<i>Voz, Internet y TV Online</i>	107
3.5	Informe costo/beneficio del proyecto	108
3.5.1	<i>Costos de inversión</i>	108
3.5.2	<i>Beneficios del proyecto</i>	113
4.	CONCLUSIONES	114
5.	RECOMENDACIONES	115

GLOSARIO

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1:	Velocidades de Transmisión	26
Tabla 1-2:	Viviendas por zona	43
Tabla 2-2:	Tipos de Tecnología.....	46
Tabla 3-2:	Calidad de servicio.....	47
Tabla 4-2:	Servicio de fibra óptica	48
Tabla 5-2:	Presupuesto para adquirir redes FTTH por parte de los clientes	48
Tabla 6-2:	Ancho de banda para aplicaciones	49
Tabla 7-2:	Tipos de Cable de Fibra Ópticos	52
Tabla 8-2:	Nomenclatura de la red Feeder	53
Tabla 9-2:	Nomenclatura de la red de Distribución.....	54
Tabla 10-2:	Nomenclatura de la red de Dispersión	54
Tabla 11-2:	Ancho de banda Requerido para voz video y datos.....	65
Tabla 12-2:	Mangas troncales.	69
Tabla 13-2:	Calculo de splitters primarios	70
Tabla 14-2:	Número total de NAPs por zona	74
Tabla 15-2:	Características de la OLT.....	82
Tabla 16-2:	Características de la ONU.....	82
Tabla 17-2:	Características de la Fibra Óptica	83
Tabla 18-2:	Características de la Manga	83
Tabla 19-2:	Características de Splitter	83
Tabla 20-2:	Presupuesto óptico del usuario más cercano de la zona I.	85
Tabla 21-2:	Presupuesto óptico del usuario más lejano de la zona I.....	86
Tabla 22-2:	Presupuesto óptico del usuario más cercano de la zona II.....	87
Tabla 23-2:	Presupuesto óptico del usuario más lejano de la zona II.	88
Tabla 24-2:	Presupuesto óptico del usuario más cercano de la zona III.	90
Tabla 25-2:	Presupuesto óptico del usuario más lejano	91
Tabla 26-2:	Presupuesto óptico del usuario más cercano.	92
Tabla 27-2:	Presupuesto óptico para el usuario más lejano.	93
Tabla 28-2:	Potencia de recepción en los casos críticos de la ciudad de Alausí.	94
Tabla 1-3:	Factor Q, BER en las diferentes zonas de la ciudad de Alausí.	105
Tabla 2-3:	Costo Red de Dispersión.....	109
Tabla 3-3:	Costo de Red de Distribución.	110
Tabla 4-3:	Costos Canalización de la red feeder	111
Tabla 5-3:	Costo Red Feeder.....	111

Tabla 6-3:	Costo de Elementos Pasivos.	112
Tabla 7-3:	Costos de Elementos Activos.....	113

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1:	Red Adsl.....	8
Figura 2-1:	Sistema de comunicaciones ópticas.....	9
Figura 3-1:	Fibra Multimodo	14
Figura 4-1:	Fibra Monomodo.....	15
Figura 5-1:	Tipo de Conectores F.O.....	19
Figura 6-1:	Patchcord.....	20
Figura 7-1:	Pigtail	20
Figura 8-1:	Red Óptica Pasiva (PON).....	23
Figura 9-1:	Equipo Terminal Óptico	29
Figura 10-1:	Red de Distribución Óptica	29
Figura 11-1:	Terminal de Red Óptica	30
Figura 12-1:	ONU (Unidad de Red Óptica)	30
Figura 13-1:	Fiber to the X	31
Figura 14-1:	Topologías de redes FTTx.....	34
Figura 15-1:	Servicios triple play.....	35
Figura 1-2:	Localización de la Zona	41
Figura 2-2:	Polígono de Cobertura.....	42
Figura 3-2:	Zonificación de la Ciudad de Alausí.....	43
Figura 4-2:	Simbología	51
Figura 5-2:	Cable G652.D.....	52
Figura 6-2:	G 657 A.....	53
Figura 7-2:	Creación del bloque “OLT”	55
Figura 8-2:	Creación del bloque “ODF”	55
Figura 9-2:	Bloque Rack P.I	56
Figura 10-2:	Bloque Pozo.	57
Figura 11-2:	Bloque Poste	57
Figura 12-2:	Bloque I. Reserva.	58
Figura 13-2:	Bloque Reserva Hilos.....	59
Figura 14-2:	Bloque I. Distancia	60
Figura 15-2:	Bloque Subida a poste.	61
Figura 16-2:	Bloque Manga	61
Figura 17-2:	Bloque Splitter	62
Figura 18-2:	Bloque Caja de Distribución	63
Figura 19-2:	Bloque ONT.....	63

Figura 20-2:	Topología de la Red de Fibra Óptica	64
Figura 21-2:	Ubicación OLT.....	67
Figura 22-2:	Patcheo Frontal.....	67
Figura 23-2:	Patcheo Lateral.....	68
Figura 24-2:	Red Feeder	69
Figura 25-2:	Ubicación de las Mangas.....	70
Figura 26-2:	Manga Troncal 01	71
Figura 27-2:	Manga Troncal 02	71
Figura 28-2:	Manga Troncal 03	72
Figura 29-2:	Manga Troncal 04	73
Figura 30-2:	Disposición de las Mangas	73
Figura 31-2:	Red de distribución zona I.....	74
Figura 32-2:	Caja de Distribución D1.....	75
Figura 33-2:	Atributos de la Caja de distribución D1.....	75
Figura 34-2:	Red de Distribución zona II.....	76
Figura 35-2:	Caja de Distribución A1.....	77
Figura 36-2:	Atributos de la Caja de distribución A1.....	77
Figura 37-2:	Red de distribución de la zona III.....	78
Figura 38-2:	Caja de Distribución A1.....	78
Figura 39-2:	Atributos de la Caja de distribución C4.....	79
Figura 40-2:	Red de distribución zona IV.....	79
Figura 41-2:	Caja de Distribución A1.....	80
Figura 42-2:	Atributos de la Caja de distribución C4.....	80
Figura 43-2:	Red de dispersión	81
Figura 44-2:	Modelo FTTH.....	84
Figura 45-2:	Distancia del usuario cercano de la zona I.....	84
Figura 46-2:	Distancia del usuario más lejano de la zona I.....	86
Figura 47-2:	Distancia del usuario más cercano de la zona II.....	87
Figura 48-2:	Distancia del usuario más lejano de la zona II.....	88
Figura 49-2:	Distancia del usuario más cercano de la zona III.....	89
Figura 50-2:	Distancia del usuario más lejano para.....	90
Figura 51-2:	Distancia del usuario más cercano de la zona IV.....	92
Figura 52-2:	Distancia del usuario más lejano de la zona IV	93
Figura 1-3:	Software Optisystem	95
Figura 2-3:	Interfaz de usuario.....	97
Figura 3-3:	OLT en OptiSystem	98
Figura 4-3:	Configuración Red de Distribución Óptica.....	99

Figura 5-3:	ONU.....	99
Figura 6-3:	Menú de Simulación.....	100
Figura 7-3:	Usuario más cercano.	101
Figura 8-3:	Potencia recibida simulada del usuario más cercano.	101
Figura 9-3:	Factor Q y BER.	101
Figura 10-3:	Diagrama ojo para usuario más cercano.	102
Figura 11-3:	Usuario más lejano.	103
Figura 12-3:	Potencia recibida simulada del usuario más lejano.	103
Figura 13-3:	Factor Q y BER del usuario más lejano.....	103
Figura 14-3:	Diagrama ojo para usuario más lejano.....	104
Figura 15-3:	Diagrama para el servicio de Voz, Internet y Catv	106
Figura 16-3:	Diagrama para el servicio de Voz, Internet e IPTV	107
Figura 17-3:	Diagrama para el servicio de Voz, Internet y TV Online.....	108

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-2:	Porcentaje de los tipos de tecnología que utilizan en las viviendas.....	46
Gráfico 2-2:	Porcentaje de la calidad de servicio con relación al costo.	47
Gráfico 3-2:	Porcentaje de usuarios a pagar por redes FTTH.....	48
Gráfico 4-2:	Porcentaje del presupuesto de los encuestados para.....	49
Gráfico 5-2:	Porcentaje para mejorar el ancho de banda para aplicaciones	50

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A: Encuesta realizada a la ciudadanía de Alausí

Anexo B: Simbología normativa de dibujo GPON.

Anexo C: Diseño de la red de acceso GPON

Anexo D: Especificaciones OLT

Anexo E: Especificaciones ONU

Anexo F: Diseño de la Simulación.

RESUMEN

El objetivo de la investigación fue diseñar una Red Óptica Pasiva con capacidad de Gigabit (GPON) para migrar una red ADSL a la tecnología FTTH, se utilizó la normativa vigente ITU G 984.X para proveer los servicios de voz, video y datos en la ciudad de Alausí. Se investigó los sistemas y tecnologías de las comunicaciones ópticas como introducción a la Tecnología GPON, asimismo se analizó las Redes FTTx lo que permitió determinar la mejor arquitectura para la nueva infraestructura de red. Para el desarrollo del proyecto se hizo un análisis de la red existente de la ciudad de Alausí y posteriormente se elaboró el diseño de la red GPON que está compuesto por la red feeder, red de distribución y red de dispersión. Finalmente se efectuaron las pruebas respectivas para comprobar el funcionamiento de la red mediante cálculos teóricos y el empleo del Software Optisystem. Los resultados obtenidos en este proyecto se basan en el análisis del usuario más cercano y el usuario más lejano considerando parámetros como el presupuesto de enlace, factor Q y mínimo de BER los que resultaron satisfactorios pues se cumple con los parámetros estipulados por la norma ITU G984.2. Se concluye que la Red de acceso GPON para la ciudad de Alausí es flexible, escalable, viable y presenta un ancho de banda admisible para dar el servicio de voz, video y datos. Por lo tanto, se recomienda la implementación de la red con tecnología GPON, debido a su gran ancho de banda, seguridad de la red y baja inversión.

Palabras clave: <TELECOMUNICACIONES>, <NORMATIVA ITU G.984.x>, <RED ÓPTICA CON CAPACIDAD DE GIGABIT>, <PRESUPUESTO ÓPTICO>, <SOFTWARE >, <TASA DE ERROR DE BITS>, <FACTOR DE CALIDAD>.



Firmado electrónicamente por:

**HOLGER
GERMAN RAMOS
UVIDIA**

1372-DBRA-UPT-2021

2021-07-13

ABSTRACT

This research was aimed to design a Passive Optical Network with Gigabit capacity (GPON) to migrate an ADSL network to FTTH technology. The current ITU G 984.X regulations were used to provide voice, video, and data services in Alausí city. In addition, optical communications systems and technologies were investigated as an introduction to GPON Technology, and FTTx Networks were also analyzed, which made it possible to determine the best architecture for the new network infrastructure. First, an analysis of the existing network in Alausí city was made for the development of the project, and later the GPON network design was drawn up, which is made up of the feeder network, distribution network, and dispersion network. Finally, the respective tests were carried out to verify the operation of the network through theoretical calculations and the use of the Optisystem Software. The obtained results in this project are based on the analysis of the closest user and the remote user considering parameters such as link budget, quality factor, and minimum BER, which were satisfactory because they meet the established parameters by the ITU G984.2 standard. Therefore, it is concluded that the GPON access network in Alausí city is flexible, scalable, viable, and has an admissible bandwidth to provide voice, video, and data services. Therefore, the network implementation with GPON technology is recommended due to its high bandwidth, network security, and low investment.

Keywords: <TELECOMUNICATIONS>, <ITU G.984.X STANDARD>, <PASSIVE OPTICAL NETWORK WITH GIGABIT CAPACITY>, <OPTICAL BUDGET>, <SOFTWARE >, <BIT ERROR RATE>, <QUALITY FACTOR>

INTRODUCCIÓN

Dado que en la actualidad se necesita más requerimientos para poder proveer de servicios de voz, video y datos, se desarrolló este proyecto para migrar redes ADSL por redes de fibra óptica en la ciudad de Alausí, mejorando la velocidad de transmisión y calidad de servicio al usuario final, dividiendo en varios capítulos detallados a continuación:

Capítulo I el cual está enfocado a descubrir la normativa ITU G984.x, así como las redes ADSL, redes FTTH, las ventajas que presenta la tecnología GPON así como los elementos que la componen.

En el Capítulo II, se diseña la red de fibra óptica partiendo con la zonificación de la ciudad, así como de la selección de cable de fibra para la red feeder, distribución y dispersión. Además de la simbología y nomenclatura que puede ser utilizada para partir de un diseño ordenado para realizar cualquier cambio o mejora a la red dando una escalabilidad para redes futuras.

El Capítulo III, es para la evaluación de la red comparando los resultados calculados y simulados, así como determinar la calidad de servicio con parámetros técnicos. Y por último obtener las conclusiones y recomendaciones en base a los resultados teóricos y dados por software.

ANTECEDENTES

La necesidad de estar informado ha hecho que la humanidad busque diferentes mecanismos inmediatos de comunicación, en el proceso evolutivo del planeta se establecen cambios. Dando lugar a nuevas tecnologías de información que han originado un gran e importante paso al desarrollo en la convergencia de los sistemas de comunicaciones. (Guamán, 2017, p.41)

Puesto que las redes ADSL de internet domésticas y comerciales son muy lentas para los requerimientos que hoy en día existen tanto en voz, video y datos; surgió el principio de la tecnología óptica el cual ha permitido velocidades de ancho de banda en “gigabit”. El tráfico de internet se duplica cada dos años, y estas aún más con el incremento y aceptación informática en los dispositivos móviles inteligentes por lo que se recomienda el optar por un sistema de fibra óptica el cual pueda llegar al hogar llamado FTTH.

El desarrollo de las redes ópticas pasivas PON, permitió la utilización de elementos económicos dando lugar a que sea aceptada por el usuario final ya que no es afectada por interferencias electromagnéticas, esto genera una capacidad extremadamente alta comparada con otras tecnologías, se espera que los costos sigan disminuyendo para así impulsar a los diferentes sectores privados implantando una sociedad de conocimiento.

Actualmente el Ecuador cuenta 56000 km de fibra óptica, el cual da servicio de internet a los hogares. Siendo este el séptimo país de Latino América con mayor penetración de usuarios fijos a la residencia, con un porcentaje mayor al 40%. Por esta razón se busca obtener un despliegue de enlaces FTTH en todas las ciudades, para en un futuro abarcar al todo el país.

En Ecuador, el servicio de Internet fijo a través de conexiones por fibra óptica ha crecido, siendo así que en el cierre del año 2019 el sistema FTTH ocupa el 37.09%, seguido por las conexiones de cobre con el 33.65%, el 21.89% a través de cable coaxial y apenas un 7.43% se proporciona por medios inalámbricos. (ARCOTEL, 2019, pp. 15-16)

La distribución en fibra óptica tiene muchas ventajas para el usuario, quizás las mayores se ven en ahorros relacionados con infraestructura y conductos con canalizaciones. Además, la fibra óptica brinda la seguridad de que esa red tendrá suficientes capacidades hacia el futuro. Por lo que las empresas están interesadas en implementar a sus usuarios un cambio de red ADSL a fibra óptica conservando la infraestructura ya existente, además de regirse a una normativa vigente como la ITU G984.x.

PLATEAMIENTO DEL PROBLEMA

¿Es necesario el diseño y la evaluación en el cambio de red ADSL por fibra óptica para mejorar el ancho de banda y la velocidad de transmisión en voz, datos y video?

Sistematización del problema

¿Existe diferentes planos referentes a la ciudad de Alausí para poder realizar el estudio perteneciente a FTTH?

¿Cómo identificar la infraestructura así como los componentes a ser migrados para determinar la distribución del cable de fibra óptica en la ciudad?

¿Cómo se puede diseñar una red convergente para proveer los servicios de voz, datos y video utilizando la normativa ITU-T G.984x?

¿Como se puede evaluar los parámetros de calidad de transmisión y recepción Óptica para cumplir con la normativa ITU-T G.984.x utilizando el software de simulación??

JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

Justificación Teórica

Este proyecto surge con la necesidad de realizar el estudio para poder migrar de una red ADSL a FTTH dando mayor beneficio a los usuarios en velocidad, alto ancha de banda en la ciudad de Alausí.

Es por eso por lo que se desea transmitir estos servicios en las ventanas de transmisión que presentan menor atenuación de la tecnología de fibra óptica donde se ha utilizado una normativa diferente que se adapte a las necesidades de los servicios y de la parroquia donde se va a realizar el diseño de red.

El cantón de Alausí donde existen 6630 habitantes en la zona urbana, esta ciudad presenta un elevado índice de crecimiento en el sector comercial, educativo, de vivienda y gubernamental habiendo un alto potencial de clientes residenciales y de centros corporativos, basándose en las

necesidades de la población de disponer de una mejor calidad y confiabilidad en sus comunicaciones.

El proyecto se basa en diseñar y evaluar una red de acceso FTTH a través de fibra óptica con el estándar ITU G984.X determinando la clase que mejor se adapte al sector buscando los requerimientos de las normas establecidas por los estatutos de regulación para llegar a los clientes finales con los dos servicios de televisión e internet.

La investigación está orientada al establecimiento de los requerimientos técnicos, diseño y evaluación de la red de fibra óptica, así como también indicar cuales serían las ventajas y desventajas que presentara el proyecto para la empresa al tener mayores velocidades para la transmisión de voz, dato y video.

GPON es el protocolo PON más extendido en las redes FTTx de Europa y Estados Unidos. Fue aprobado en 2003- 2004 por la ITU-T bajo las recomendaciones G.984.1, G.984.2, G.984.3, G.984.4 y G.984.5. Es una tecnología que permite una convergencia total de todos los servicios de telecomunicaciones sobre una única infraestructura de red basada en IP. Es una red de fibra totalmente pasiva, no existen repetidores dentro de la red y tampoco fuentes de poder intermedias, está formado por splitters, acopladores y atenuadores.

Justificación Aplicativa

Al tener servicio de internet con conexión ADSL sobre una red telefónica antigua se debe conocer los posibles problemas que afectarían al medio de transmisión, entre las cuales tenemos: la diafonía, relación señal a ruido, impedancia, atenuación, entre otras. Tomando como referencia diversos escenarios, se llega a la conclusión que en ciertos lugares el cliente no está satisfecho con el servicio brindado.

El objetivo general de las empresas que brindan servicio de calidad con una velocidad adecuada por lo que se necesita migrar la red de cobre a la red de fibra óptica en un tiempo aproximado de 4 años. La tecnología GPON es un despliegue del modelo PON (red óptica pasiva) que aprueba velocidades de hasta 1 Gbps en canales de fibra óptica. La solución que se propone es una instalación física de redes de acceso conocidas como última milla.

El diseño cuenta con obtener todos los mapas posibles de la ciudad de Alausí en la zona urbana que posean la infraestructura ADSL existente para poder integrar de manera adecuada a la red óptica que contará con red feeder o troncal la cual saldrá de la oficina central hasta los diferentes niveles, así como a la red de distribución óptica y por último a una red de dispersión la cual es la encargada de llegar a el usuario final en donde se ubican las ONT.

Este diseño está integrado por varios elementos que se integran en las tres partes fundamentales de la red. La red feeder o troncal que es la fibra óptica encargada de salir de la oficina central hasta el primer nivel de división de la señal.

Con la problemática explicada anteriormente se puede decir que el proyecto a realizar es un diseño de la red de fibra óptica en la ciudad de Alausí usando la tecnología ITU G984.X, para posteriormente simular en OptiSystem, el cual es una herramienta muy útil para establecer las perdidas, la atenuación y el factor Q, se basara en el usuario más cercano y lejano de acuerdo con los mapas que se obtienen posteriormente.

OBJETIVO GENERAL

Realizar el diseño y simulación de una red FTTH utilizando tecnología ITU G984.x para la migración de una red ADSL en la ciudad de Alausí.

Objetivos específicos

- Investigar el estándar ITU-T G984.x para determinar que normativa se adecua mejor en la zona con base al parámetro de potencia óptica recibida.
- Desarrollar una propuesta de migración de red ADSL a una red FTTH para incrementar la velocidad de internet utilizando la infraestructura existente en la ciudad de Alausí.
- Diseñar una red FTTH en la cual se pueda proveer el acceso a voz, video y datos en la zona permitiendo que en un futuro estas redes ofrezcan escalabilidad con las redes de siguiente generación.
- Evaluar mediante simulación los parámetros de calidad de transmisión Óptica en cuanto a la Atenuación, BER y Factor Q para cumplir con la normativa ITU-T G.984.x.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO

1.1 Estado del arte

Existen diferentes maneras de acceder a Internet, entre las principales tenemos el medio físico o de cable para poder conectar los dispositivos a la red, para proveer este servicio se tiene los sistemas con cobre o xDSL y sistemas mediante fibra óptica, las líneas tradicionales de cobre se encuentran instaladas en los hogares y negocios alcanzando velocidades de Mbps, un sistema ADSL es utilizado para usuarios residenciales que descargan una considerable información pero con bajos niveles de envío.

Existen diferentes normas que las series ITU recomendaron a la serie G para el uso de sistemas y medios de transmisión, como punto de partida para los sistemas de fibra óptica se definió los parámetros pertenecientes a fibras monomodo en el estándar ITU G.650, el cual hace referencia a índices de refracción a lo largo de la fibra óptica, características del material así como sus recubrimientos tanto primario y secundario. Además se realizaron estudios previos para poder realizar cálculos de atenuación, dispersión. (Digitales, 2002, pp. 1-2)

Dentro de esta serie se tiene la Recomendación ITU-T G.670 la cual cubre todos lo relacionado a los tipos de dispositivos ópticos, así como de los componentes a utilizar en redes de largo alcance y redes de acceso; las diferentes características de los componentes ópticos en funcionamiento pero sin especificar las condiciones de funcionamiento del servicio, instalación. (ITU-T, 2012, p.1)

La ITU-T G.680 define las características de los sistemas ópticos como las interconexiones fotónicas, multiplexores de adición y caída, que conforman la red óptica. Esto se hace a través de una lista de parámetros que caracterizan deficiencias físicas como ruido óptico, dispersión cromática y está destinado a ser independiente de la arquitectura de la red en la que se implementan estos servicios. ((ITU-T) Telecommunication Standardization Sector of Itu, 2007, p.1)

Existen diferentes series que se crearon para las redes digitales como son las redes ITU-T G.700 y la ITU G.800 la cuales definen una arquitectura funcional unificada para redes de transporte que utilizan tanto conmutación por circuitos como por paquetes; es decir describe la red de comunicaciones como una red de transporte con referencia a la capacidad de transferencia de información. (Systems, 2016, p.1)

Con las Recomendaciones en la serie G.980 se describe a una red flexible de fibra la cual pueda proveer los diferentes servicios tanto voz, video y datos a sectores empresariales, particulares abarcando velocidades de 1.2 Gbit/s y 2.4 Gbit/s en downlink; y de 155 Mbits/s; 622 Mbit/s, 1.2 Gbits/s y 2.4 Gbit/s en uplink, En esta normativa se describen los sistemas simétricos y asimétricos con las diferentes características generales de los sistemas basándose en las necesidades del usuario. ((ITU-T) Telecommunication Standardization Sector of Itu, 2007, p.2)

La red con normativa ITU G.984 o llamadas GPON es una tecnología que admiten los diferentes servicios con una red de alta velocidad que permitirá a los proveedores de internet maximizar el valor de sus activos, incorporando nuevos clientes y manteniendo los actuales ofreciendo más servicios y de mejor calidad a precios competitivos. (Quisnancela and Espinosa, 2016 , p.18)

La utilización de los sistemas pasivos reduce los costos y mantenimientos de la red además de ayudar en el llamado embotellamiento de la red, con los cuales se puede crear troncales de velocidad de acceso con diferentes topologías tales como anillo y estrella; además de esto esta tecnología tiene que ofrecer escalabilidad en las tecnologías futuras.

Las redes GPON en Latinoamérica se está dando con los despliegues de redes FTTH las cuales se han incrementado considerablemente, siendo un principal impulso la competencia entre compañías por abarcar más usuarios. Las redes GPON ha obtenido un 95% de penetración mientras que redes Ethernet tan solo con un 5%. (Pro, 2017, p.1)

En Ecuador tenemos el servicio fijo de internet a través de redes FTTH como el principal proveedor a CNT E.P, el cual es un operador publico ecuatoriano con un 48.9%, seguidos bajo el prestador MEGADATOS, que opera bajo la marca comercial NETLIFE con un 14.18%, luego le sigue TVCABLE con un 11.65% y por último CLARO con el 9.22%. (ARCOTEL, 2019, p.15)

La provincia de Chimborazo tiene cobertura de las ya mencionadas compañías pero se destaca CNT E.P con la mayor cantidad de usuarios en la ciudad de Riobamba. En la ciudad de Alausí se va a optar por realizar el diseño y evaluación ya que esta no cuenta con el enlace de fibra óptica en la zona urbana.

De tal forma en este capítulo se estudia a los diferentes conceptos fundamentales para poder realizar un estudio profundo de redes GPON dando a conocer todos los elementos que conforman la red.

1.2 Bases teóricas

En la siguiente sección se dará a conocer los diferentes estudios relacionados con la migración de redes ADSL a fibra óptica, además del diseño de redes GPON para proveer servicios de voz, dato y videos con la norma vigente.

1.3 Tecnología XDSL

Surge con la necesidad de proveer varios servicios a los usuarios, estos utilizan varias aplicaciones con acceso a internet para su vida cotidiana, para lo cual se necesita de una infraestructura física para llevar los datos hasta el cliente, cuando surge los costos eran demasiados elevados, se utiliza un par trenzado de cobre, se dividen las tecnologías xDSL en dos grupos importantes como son las de transmisión simétrica y los de transmisión asimétrica. (Huari, 2015, p.1)

1.4 Redes ADSL

Una red ADSL como se muestra en la Figura 1-1, es una técnica de acceso a internet con un aceptable nivel en ancho de banda que permite interactuar con aplicaciones multimedia. Se podría decir que era una buena tecnología para los diferentes servicios que el usuario tenía a disposición. Una gran característica de esta red era su asimetría con las velocidades tanto en uplink como en downlink, ya que la de bajada era mucha mayor. Soporta velocidades de 6 a 8 Mbps en bajada. Mientras que para subida las velocidades son hasta un máximo de 640 Kbps. (Alcudia León, 2005, p.8)

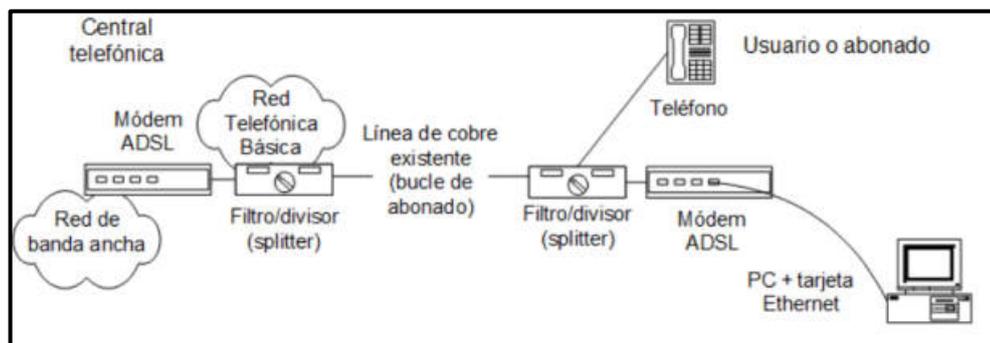


Figura 1-1. Red Adsl

Fuente: (Jesus, 2018)

1.5 Sistema de Comunicaciones Ópticas

Un sistema de comunicaciones ópticas está formado básicamente por un transmisor óptico, un canal de transmisión de fibra óptica y un receptor. Cuando el sistema es utilizado para comunicar puntos separados por grandes distancias, es necesario incluir repetidores de señal, dependiendo de las pérdidas en el canal a lo largo de la distancia del enlace.

La figura 2-1 muestra un esquema de bloques de un sistema de comunicaciones ópticas. El transmisor óptico incluye la fuente de información analógica o digital, el circuito modulador y la fuente óptica. El canal introduce ruido y distorsión. El repetidor recibe la señal atenuada, distorsionada y la regenera a la salida. El receptor incluye el fotodetector y circuitos asociados para recuperar la señal original.

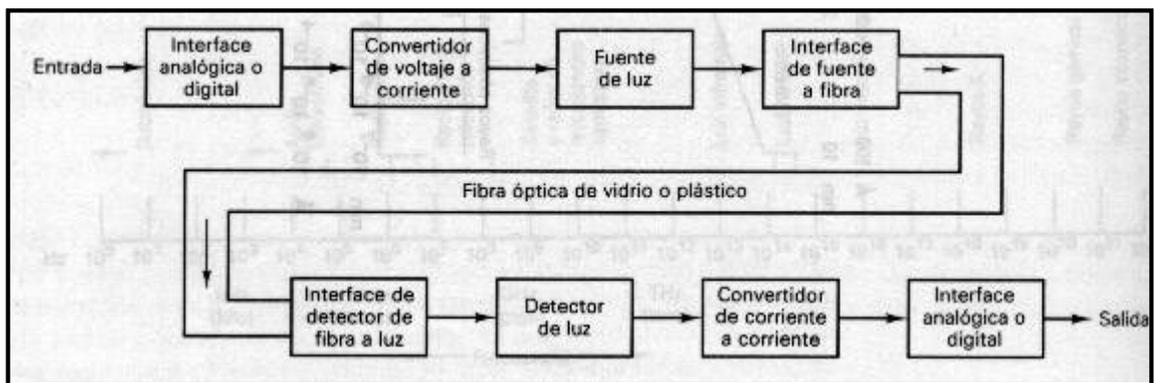


Figura 2-1. Sistema de comunicaciones ópticas

Fuente: <http://files.telecomunicaciones2.webnode.mx/200000015-a9e99aae15/f.png>

1.5.1 Arquitectura de los sistemas de comunicaciones ópticas.

A continuación, se describen los sistemas de comunicaciones ópticas, analógicos y digitales:

1.5.1.1 Sistemas analógicos.

La señal de entrada es una función continua del tiempo y puede ser de audio, video o variaciones continuas de algún proceso físico (presión, temperatura etc.). Las señales de audio y video generalmente modulan una portadora de RF en amplitud (AM), frecuencia (FM) o fase (PM). Estas señales modulan la intensidad luminosa de la fuente, ya sea de manera directa, haciendo variar la corriente a través del diodo láser, o bien, utilizando moduladores externos.

En el extremo receptor la señal se detecta, amplifica y demodula. El filtro paso bajo permite seleccionar únicamente las frecuencias útiles de la señal.

El objetivo de este sistema es transmitir una señal sin distorsión significativa, esto quiere decir que la forma de la señal, a la salida del sistema, debe permanecer como una réplica de la señal original.

1.5.1.2 Sistemas digitales.

La fuente de información debe estar en algún formato de señal digital, NRZ, RZ, HDB etc. Las señales digitales se obtienen mediante el muestreo, cuantificación y codificación de señales analógicas, o bien, son señales de naturaleza discreta, como los datos de computadora. El circuito de modulación del láser realiza la conversión de voltaje a corriente para modular la intensidad luminosa, de acuerdo con las variaciones de la señal.

En el extremo receptor, la señal se detecta y amplifica, normalmente se requiere el filtro de ecualización para regenerar los pulsos recibidos; de esta señal se extrae el reloj, que se utiliza en el circuito de decisión para determinar el nivel correspondiente a cada pulso sincronizado. Actualmente los sistemas de comunicación digital son los de mayor desarrollo, y esta tendencia es generalizada, tanto para sistemas de fibra óptica, como para sistemas de RF.

1.5.2 Técnicas de multicanalización.

Las técnicas de multicanalización son utilizadas para mejorar el rendimiento de los sistemas de comunicaciones ópticas. El objetivo fundamental es aumentar el volumen de transmisión de información, de manera que se aproveche al máximo la capacidad del canal, actualmente, la fibra óptica es el medio más adecuado para transmitir señales a frecuencias elevadas.

La multiplexación es uno de los procesos más importantes en las técnicas para la transmisión de datos, ya que a través de esta operación es posible utilizar de forma óptima los canales de comunicación, generando así la transmisión de información en términos de gigabit/segundo en una sola línea de transmisión, dentro de las más utilizadas se encuentran: la multicanalización por división de frecuencia (FDM), siendo esta una técnica analógica y que se puede implementar en un sistema digital mediante el sistema PCM de la ITU, que consiste en la conversión de señales análogas y digitales, multicanalización por división de tiempo (TDM), está es una técnica

implementada en sistemas digitales para la transmisión de datos, multicanalización por división de código (CDM) siendo esta una de las más eficientes en aplicaciones digitales y WDM.

La multiplexación es la combinación de dos o más canales de información en un solo medio de transmisión usando un dispositivo llamado multiplexor. El proceso inverso se conoce como demultiplexación. Un concepto muy similar es el de control de acceso al medio. En otras palabras se refiere a la habilidad para transmitir datos que provienen de diversos pares de aparatos (transmisores y receptores) denominados canales de baja velocidad en un medio físico único (denominado canal de alta velocidad)

A continuación, se describen los esquemas de multicanal más utilizados.

1.5.2.1 Multicanalización por división de tiempo

La multiplexación por división de tiempo (MDT) o (TDM), del inglés Time División Multiplexing, es el tipo de multiplexación más utilizado en la actualidad, especialmente en los sistemas de transmisión digitales. En ella, el ancho de banda total del medio de transmisión es asignado a cada canal durante una fracción del tiempo total (intervalo de tiempo).(MALDONADO LUNA, R.D, 2015, pp. 45.).

Es decir, es una técnica para compartir un canal de transmisión entre varios usuarios. Consiste en asignar a cada usuario, durante unas determinadas "ranuras de tiempo", la totalidad del ancho de banda disponible. Esto se logra organizando el mensaje de salida en unidades de información llamadas tramas, y asignando intervalos de tiempo fijos dentro de la trama a cada canal de entrada. De esta forma, el primer canal de la trama corresponde a la primera comunicación, el segundo a la segunda, y así sucesivamente, hasta que el n-ésimo más uno vuelva a corresponder a la primera.

El uso de esta técnica es posible cuando la tasa de los datos del medio de transmisión excede de la tasa de las señales digitales a transmitir. El multiplexor por división en el tiempo muestrea, o explora, cíclicamente las señales de entrada (datos de entrada) de los diferentes usuarios, y transmite las tramas a través de una única línea de comunicación de alta velocidad. Los TDM son dispositivos de señal discreta y no pueden aceptar datos analógicos directamente, si no de modulados mediante un módem.

Los TDM funcionan a nivel de bit o a nivel de carácter. En un TDM a nivel de bit, cada trama contiene un bit de cada dispositivo explorado. El TDM de caracteres manda un carácter en cada canal de la trama. El segundo es generalmente más eficiente, dado que requiere menos bits de

control que un TDM de bit. La operación de muestreo debe ser lo suficientemente rápida, de forma que cada buffer sea vaciado antes de que lleguen nuevos datos.

Una sola fibra puede transmitir muchas señales digitales multicanalizadas temporalmente, cada canal puede transmitir sus datos en un instante de tiempo previamente asignado.

Por lo tanto, se plantea que la asignación de tiempos para cada señal sirve en la recepción para identificar la fuente que envía el mensaje. La multicanalización temporal TDM (Time Division Multiplexing) puede hacerse bit por bit o bien en forma de paquetes que incluyen códigos de señalización y de identificación de fuente. (Pereda, 2004, pp. 284-288)

1.5.2.2 Multicanalización por división en longitud de onda.

En telecomunicaciones, la multiplexación por división de longitud de onda (WDM, del inglés Wavelength Division Multiplexing) es una tecnología que multiplexa varias señales sobre una sola fibra óptica mediante portadoras ópticas de diferente longitud de onda, usando luz procedente de un láser o un LED. (Pereda, 2004, pp. 284-288).

Este término se refiere a una portadora óptica (descrita típicamente por su longitud de onda) mientras que la multiplexación por división de frecuencia generalmente se emplea para referirse a una portadora de radiofrecuencia (descrita habitualmente por su frecuencia). Sin embargo, puesto que la longitud de onda y la frecuencia son inversamente proporcionales, la radiofrecuencia y la luz son ambas formas de radiación electromagnética, la distinción resulta un tanto arbitraria.

El dispositivo que une las señales se conoce como multiplexor mientras que el que las separa es un demultiplexor. Con el tipo adecuado de fibra puede disponerse un dispositivo que realice ambas funciones a la vez, actuando como un multiplexor óptico de inserción-extracción.

Los primeros sistemas WDM aparecieron en torno a 1985 y combinaban tan sólo dos señales. Los sistemas modernos pueden soportar hasta 160 señales y expandir un sistema de fibra de 10 Gb/s hasta una capacidad total 25.6 Tb/s sobre un solo par de fibra. (Digitales, 2002, pp. 1-2)

La multicanalización por división en longitud de onda WDM (Wavelength Division Multiplexing). “Consiste en la transmisión de dos o más flujos de información simultáneos sobre una misma fibra, en el mismo sentido u opuesto, y utilizando distinta longitud de onda en cada caso” (Pereda, 2004, p 285)

1.6 Fibra óptica

La Fibra Óptica es un medio de transmisión físico capaz de brindar velocidades y distancias superiores a las de cualquier otro medio de transmisión (cobre e inalámbricos). Son pequeños filamentos de vidrio ultrapuro por el cual se pueden mandar haces de luz de un punto a otro en distancias que van desde 1m hasta N kilómetros.

Su funcionamiento se basa en las propiedades de refracción y reflexión que tiene la luz cuando atraviesa un medio, en este sentido la fibra óptica está fabricada para que el pulso de luz enviado se refleje totalmente a lo largo de todo el filamento con objeto de conseguir transmitirlo sin pérdidas producidas por la refracción.

Los pulsos de luz enviados a través de la fibra óptica pueden ser utilizados como medio de iluminación o como medio de transmisión de información binaria o digital, la presencia de un pulso representa un 1 y la ausencia un 0, posteriormente un receptor óptico recoge las señales luminosas y las transforma en el formato de información elegido como imágenes, audio, video o datos

1.6.1 Estructura de la fibra óptica.

La composición de la fibra óptica consta de 3 elementos básicos y bien diferenciados entre ellos:

1.6.1.1 Núcleo.

El núcleo es la parte más importante de la fibra óptica, ya que por ella se trasmite la información de un punto a otro mediante señales ópticas, siguiendo el proceso llamado reflexión interna total, su diámetro varía según el tipo de fibra, teniendo un rango de entre 8 μm a 125 μm ; mientras mayor es el diámetro del núcleo, mayor es la cantidad de luz que se puede transportar.

Está compuesto por un filamento de vidrio puro, generalmente fabricado de óxido de silicio o germanio con un alto índice de refracción n_1 .

1.6.1.2 Revestimiento.

Es un segundo filamento que recubre el núcleo, este está fabricado del mismo material que el núcleo, pero se le añade ciertas impurezas con el fin de que el índice de refracción n_2 sea menor, de tal forma que actúa como una capa reflectante, consiguiendo que las ondas de luz que intentan

escapar del núcleo sean reflejadas y retenidas en el núcleo ayudando a la transmisión en el interior de la fibra óptica

1.6.1.3 *Cubierta protectora.*

Esta tercera capa de la fibra óptica sirve para cubrir y proteger el núcleo y el revestimiento. Está fabricado de varias capas de plástico para brindar resistencia mecánica a la fibra para su tendido en ambientes externos. En el caso de fibras de estructura ajustada existe una segunda protección (buffer).

1.6.2 *Modos de propagación.*

La fibra óptica se la puede clasificar de acuerdo con su modo de propagación las cuales están estrechamente relacionadas al diámetro del núcleo.

1.6.2.1 *Multimodo.*

Una fibra multimodo es aquella en la que los haces de luz pueden circular por más de un modo o camino. Esto supone que no llegan todos a la vez. Una fibra multimodo puede tener más de mil modos de propagación de luz. Las fibras multimodo se usan comúnmente en aplicaciones de corta distancia, menores a 1 km; es simple de diseñar y es económico. Su distancia máxima es de 2 km y usan diodos láser de baja intensidad.

El núcleo de una fibra multimodo tiene un índice de refracción superior a la fibra monomodo, pero del mismo orden de magnitud, que el revestimiento. Debido al gran tamaño del núcleo de una fibra multimodo, es más fácil de conectar y tiene una mayor tolerancia a componentes de menor precisión como se observa en la Figura 3-1.



Figura 3-1. Fibra Multimodo

Fuente: http://med.se-todo.com/pars_docs/refs/20/19271/19271_html_m6fcfa368.jpg

1.6.2.2 Monomodo.

La fibra óptica monomodo se caracteriza por tener su núcleo de menor diámetro comparado con el multimodo, de tal manera que por ella solo se pueda propagar un solo modo, es decir que un solo haz de luz pueda propagarse por la fibra como se ve en la Figura 4-1. Este tipo de fibra óptica es capaz de llevar más información en largas distancias por su gran ancho de banda, además se elimina la atenuación por dispersión modal y disminuye el ruido, su desventaja es que tiene un mayor costo y es difícil de manipular.



Figura 4-1. Fibra Monomodo.

Fuente: http://med.se-todo.com/pars_docs/refs/20/19271/19271_html_m6fcfa368.jpg

1.6.3 Clasificación por su índice de refracción.

Dependiendo el tipo de índice de refracción del núcleo, se tiene dos tipos de fibra multimodo.

1.6.3.1 Fibra Óptica de índice escalonado

En estas fibras, el núcleo está constituido por un material uniforme cuyo índice de refracción es claramente superior al de la cubierta que lo rodea.

El paso desde el núcleo hasta la cubierta conlleva por tanto una variación brutal del índice, de ahí su nombre de índice escalonado.

Las fibras multimodo de índice escalonado están fabricadas a base de vidrio, con una atenuación de 30 dB/km, o plástico, con una atenuación de 100 dB/km.

Tienen una banda de paso que llega hasta los 40 MHz por kilómetro

1.6.3.2 Fibra Óptica de índice gradual

Las fibras multimodo de índice de gradiente gradual tienen una banda de paso que llega hasta los 500MHz por kilómetro. Su principio se basa en que el índice de refracción en el interior del núcleo no es único y decrece cuando se desplaza del núcleo hacia la cubierta. Los rayos luminosos se encuentran enfocados hacia el eje de la fibra.

Estas fibras permiten reducir la dispersión entre los diferentes modos de propagación a través del núcleo de la fibra.

1.6.4 Tipos de cables de fibra óptica.

1.6.4.1 Cable Figura en 8.

Se debe su nombre a su forma física, cuenta con un cable guía o mensajero adherido a él con su misma chaqueta de recubrimiento, este sirve para sujetar el cable en los postes con un determinado tipo de herrajes, generalmente este cable mensajero es de acero. Tiene capacidades de 6 a 96 hilos.

1.6.4.2 Cable Blindado

Poseen una coraza protectora o armadura de acero debajo de la cubierta de polietileno. Esto proporciona al cable una resistencia excelente al aplastamiento y propiedades de protección frente a roedores. Se usa frecuentemente en aplicaciones de enterramiento directo o para instalaciones en entornos de industrias pesadas.

1.6.4.3 Cable de estructura holgada

Consta de varios tubos de fibra rodeando un miembro central de refuerzo, y rodeado de una cubierta protectora. El rasgo distintivo de este tipo de cable son los tubos de fibra. Cada tubo, de dos a tres milímetros de diámetro, lleva varias fibras ópticas que descansan holgadamente en él. Los tubos pueden ser huecos o, más comúnmente estar llenos de un gel resistente al agua que impide que ésta entre en la fibra.

1.6.4.4 Cable aéreo autoportante

Es un cable de estructura holgada diseñado para ser utilizado en estructuras aéreas. No requiere un fijador como soporte. Para asegurar el cable directamente a la estructura del poste se utilizan abrazaderas especiales. El cable se sitúa bajo tensión mecánica a lo largo del tendido.

1.6.4.5 Cable submarino

Es un cable de estructura holgada diseñado para permanecer sumergido en el agua. Actualmente muchos continentes están conectados por cables submarinos de fibra óptica transoceánicos.

1.6.5 Factores que afectan las comunicaciones ópticas.

1.6.5.1 Atenuación.

“Las atenuaciones en fibra son pérdidas de potencia óptica cuando esta es transmitida a través del núcleo, este decremento es expresado en dB (decibeles) y se lo mide generalmente como una tasa de pérdida por unidad de distancia (dB/Km)” (Torres,2009, pp. 37-40). Varios factores influyen a aumentar la atenuación como, la dispersión de luz fuera del núcleo de la fibra, por factores ambientales, por empalmes, por el tipo fibra óptica y por la longitud de onda a la que se desea transmitir.

1.6.5.2 Dispersión.

Es uno de los varios fenómenos que afectan a las transmisiones en fibra óptica. “La dispersión provoca una deformación del haz de luz que se propaga, y en consecuencia la señal de luz se ensanchará en el tiempo provocando limitar la capacidad de información” (Torres, 2009, pp. 40-44). La dispersión de una fibra es usualmente especiada en términos del ensanchamiento del pulso por kilómetro de camino de fibra.

- Dispersión modal.

La dispersión modal afecta a la fibra del tipo multimodo, debido a que las señales de luz toman varias rutas con diferentes ángulos de reflexión haciendo que no toda la energía de la señal de luz

llegue al final al mismo tiempo. Este tipo de dispersión se puede reducir considerablemente usando fibra multimodo con índice gradual.

- Dispersión cromática.

La dispersión cromática es el fenómeno el cual afecta a la fibra del tipo monomodo y multimodo, este fenómeno consiste en la disminución de los niveles de señal óptica debido a que el espectro de la luz se propaga con diferentes velocidades y diferentes longitudes de onda. Este tipo de dispersión es la principal causa de disminuir la velocidad de transmisión, la cual aumenta en distancias largas. La dispersión cromática afecta directamente al ancho de banda y a la forma de las señales ópticas, debido a que las diferentes longitudes de onda llegan al receptor en varios tiempos provocando un ensanchamiento de los pulsos ópticos.

- **Dispersión por modo de polarización.**

Cuando se propagan las señales de luz en la fibra óptica estas viajan en dos modos de polarización, y se mueven formando un ángulo recto uno del otro.

La dispersión por modo de polarización PMD por sus siglas en inglés (Polarization Mode Dispersion), afecta principalmente a las fibras del tipo monomodo, limitando considerablemente la capacidad de transmisión de bits especialmente a altas velocidades y deformando los pulsos ópticos.

1.6.5.3 Macro doblajes.

Son deformaciones de la fibra óptica al momento de su instalación, son básicamente curvaturas de cierto radio que deforman las paredes laterales de la fibra provocando atenuaciones y pérdidas de señal si sobrepasan el radio de curvatura crítico ($>2\text{mm}$ de radio).

1.6.5.4 Micro doblajes.

Este tipo de doblajes se producen principalmente en la fabricación de la fibra óptica, también por la variación de dimensiones del núcleo del cable provocado por los cambios de temperatura a la salida de la señal de luz del núcleo.

1.6.6 Elementos de unión e interconexión.

El estándar SC86B define normas internacionales para los elementos de interconexión de fibra óptica y componentes pasivos.

1.6.6.1 Conectores.

El conector es un dispositivo mecánico el cual se monta en un extremo de un cable de fibra, fuente de luz, o un transmisor. Un conector permite a un cable de fibra, fuente de luz o transmisor ser conectado a un dispositivo similar. Los conectores recolectan y dirigen la luz y son fácilmente acoplados y desacoplados de los dispositivos a los que se conectan. Existen muchos tipos de conectores para la fibra óptica detallados en la Figura 5-1, la elección del conector depende del tipo de dispositivos que se manejan y la aplicación en la que se va a utilizar.

- **FC.** - Se usa en la transmisión de datos y en las telecomunicaciones.
- **FDDI.** - Se usa para redes de fibra óptica.
- **LC y MT-Array.** - Se utilizan en transmisiones de alta densidad de datos.
- **SC y SC-Dúplex.** - Se utilizan para la transmisión de datos.
- **ST o BFOC.** - Se usa en redes de edificios y en sistemas de seguridad.



Figura 5-1. Tipo de Conectores F.O.

Fuente: <https://eduardonhpr.files.wordpress.com/2010/09/conectores.jpg>

1.6.6.2 Patch cord.

Es un cable de fibra óptica de corta longitud como se observa en la Figura 6-1 (comúnmente entre 1 y 30 mts) para uso interior con conectores instalados en sus dos extremos, usualmente en presentación simplex cuando se trata de una sola fibra o dúplex es decir 2 fibras, aunque pueden presentarse arreglos multifibra. Los Patch Cord pueden interconectar directamente dos equipos activos, conectar un equipo activo a una caja pasiva (ODF) o interconectar dos cajas pasivas

conformando en este caso un sistema administrable de cableado (Cross Connect). En este último caso, Patch cords 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 6-1. Patchcord

Fuente: <http://www.alfabase.co.th/images/1213158993/SC%20LC%20DX%20PATCHCORD.jpg>

1.6.6.3 Pigtail.

El Pigtail es un cable de fibra óptica el cual tiene conector en solo uno de sus extremos como se indica en la Figura 7-1. Este cable se lo utiliza para ser empalmado un extremo con la fibra óptica que llega del enlace exterior y el otro extremo permite la interconexión con el equipo de la central.



Figura 7-1. Pigtail

Fuente: https://http2.mlstatic.com/fibra-optica-pigtail-scpc-scspc-15-m-eoc-S_16843-MCO20127940422_072014-F.jpg

1.6.6.4 Empalmes.

Los empalmes crean una unión permanente entre dos fibras, por lo que su uso está limitado a aquellos lugares donde no se espera que los cables estén disponibles para realizar mantenimientos

en el futuro. La aplicación más común del empalme es para la concatenación (la unión) de los cables en las conexiones largas de cable en plantas externas donde la longitud del tendido requiere más de un cable.

1.6.6.5 Empalmes por fusión.

El empalme por fusión es el más utilizado ya que es el que brinda las pérdidas más bajas y la menor reflectancia, como también brinda la unión más fuerte y confiable. Prácticamente todos los empalmes de fibra monomodo son por fusión.

1.6.6.6 Empalmes mecánicos.

El empalme mecánico se utiliza para restauraciones temporarias y empalmes de fibras multimodo. En la foto que sigue a continuación, hay un empalme por fusión a la izquierda y el resto son diferentes tipos de empalmes mecánicos.

1.6.6.7 Empalmes por adhesión.

El empalme por adhesión consiste en insertar las fibras en un mecanismo de alineación y luego son unidas con un adhesivo epóxico.

Este material epóxico además de servir como elemento de unión, también sirve como adaptador de índices de refracción.

1.6.7 Mufas o mangas.

Son dispositivos que dan soporte a los empalmes de fibra óptica. Su objetivo principal es encerrar herméticamente en su interior las conexiones de los empalmes con el fin de protegerlas ante las diferentes condiciones ambientales que se pueden presentar.

1.6.8 Herrajes

Se ha considerado como herrajes a todos los accesorios que sirven para sujetar el cable aéreo a los postes, así como también, los accesorios que sirven como soporte y protección del cable canalizado.

1.6.9 Aplicaciones de los sistemas ópticos

1.6.9.1 Redes troncales

Los cables de fibra óptica se encuentran en las redes troncales (redes de transporte) porque su gran ancho de banda es rentable frente a costos. Actualmente, con multiplexación por longitud de onda densa (DWDM), se pueden transportar datos a una velocidad de 160 Gbps. La red SONET/SDH proporciona esta troncal.

1.6.9.2 Redes HFC

Se trata de una red híbrida, las compañías de TV por cable usan una combinación de fibra óptica y de cable coaxial, esta configuración es rentable porque el bajo ancho de banda que necesita el usuario aún no justifica plenamente el uso de fibra óptica. Las fibras proporcionan la estructura troncal mientras que el coaxial proporciona la conexión a los domicilios de los usuarios.

1.6.9.3 Redes LAN

En las redes de área local (LAN) también usan cables de fibra óptica tanto como en las 100Base-FX (Fast Ethernet) y 1000Base-X. Una de las ventajas de la fibra es que ya no se está tan limitado en cuanto al tendido del cable. Hay que recordar que con cable de red el máximo es de 100 metros y con cable coaxial 185 metros. En cambio, con fibra óptica se puede tener tendido de cable de 2000 metros en redes LAN, muy útil si la red de área local se realiza entre edificios.

1.6.9.4 Redes de acceso

En la actualidad estas redes son las que más emplean como medio de transmisión cables de fibra óptica y se las puede clasificar dependiendo de la ubicación del equipo terminal óptico (Redes FTTx) y de sus características de transmisión en redes pasivas (Redes PON).

Las empresas de telecomunicaciones están definiendo avanzadas redes convergentes basadas en IP, que permiten ofrecer más servicios sobre la misma infraestructura. Entre las tecnologías más interesantes que están permitiendo esta convergencia es la tecnología PON.

1.7 Redes PON

Las redes ópticas pasivas PON (Passive Optical Network) son redes de fibra óptica que eliminan el uso de los equipos activos que existen entre el servidor y el cliente. Toda la red PEX se compone de elementos ópticos pasivos que no necesitan alimentación externa para su funcionamiento. Las PON disminuyen considerablemente los costos y son usados principalmente en redes FTTC y FTTH.

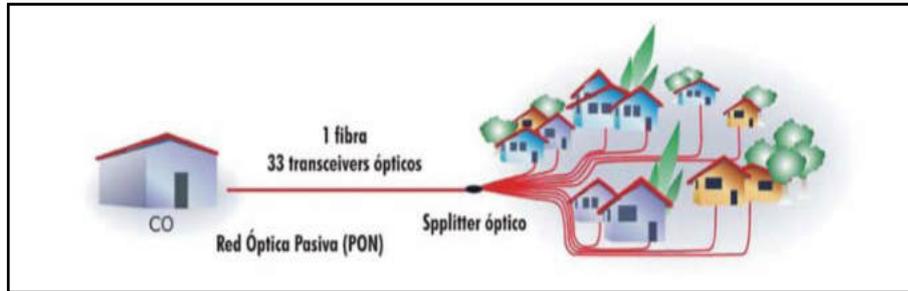


Figura 8-1. Red Óptica Pasiva (PON)

Fuente: <http://tic-tac.teleco.uvigo.es/profiles/blogs/redes-opticas-pasivas>

Como se señala en la Figura 8-1, estas redes son una gran alternativa para resolver problemas de acceso y presentan grandes ventajas, por lo que los prestadores de servicios de telecomunicaciones están optando por su implementación. Las PON trabaja en modo de radiodifusión utilizando splitters (divisores) ópticos o buses.

Sus principales ventajas son :Aumento de la cobertura hasta los 20 km (desde la central), Ofrecen mayor ancho de banda para el usuario, Mejora en la calidad del servicio y simplificación de la red debido a la inmunidad que presentan a los ruidos electromagnéticos, Minimización del despliegue de fibra óptica gracias a su topología, Reducción del consumo gracias a la simplificación del equipamiento, Más baratas que las punto a punto, etc.

1.7.1 Tipos de redes pon

En la actualidad existen varias tecnologías unidas al concepto de redes ópticas pasivas PON. Las tecnologías existentes son:

1.7.1.1 APON (ATM Passive Optical Network)

A-PON o ATM-PON (Redes Ópticas Pasivas ATM) está definida en la revisión del estándar de la ITU-T G.983, el cual fue el primer estándar desarrollado para las redes PON. APON usan el protocolo ATM como portador. A-PON se adecua a distintas arquitecturas de redes de acceso, como, FTTH (Fibra hasta la vivienda), FTTB/C (fibra al edificio/a la acometida) y FTTCab. Entre las tecnologías PON existentes, la APON es la que más características en cuanto a OAM (operación y administración) ofrece.

1.7.1.2 BPON (Broadband PON)

Esta tecnología surgió como una mejora de la tecnología A-PON para integrar y obtener acceso a más servicios como Ethernet, distribución de video, VPL, y multiplexación por longitud de onda (WDM) logrando un mayor ancho de banda, entre otras mejoras.

Aparte de ser una mejora de A-PON también basa su arquitectura en dicha tecnología. Broadband-PON se define en varias revisiones al estándar ITU-T 983 de las cuales están desde la G.983.1 que es la original de esta tecnología, hasta la G.983.8. “La especificación G.983.1 de B-PON define una arquitectura de forma simétrica, es decir, que la velocidad para la transmisión de datos en el canal de bajada es el mismo para el canal de subida (155 Mbps)” (Guevara, 2000, pp.25- 33).

Esta norma fue revisada un tiempo después para lograr un aumento en las velocidades de transmisión y para permitir arquitecturas asimétricas (155 Mbps de subida y 622 Mbps de bajada).

1.7.1.3 GPON (Gigabit PON)

Se aprobó en los estándares de la ITU-T, consta de las recomendaciones: G984.1, G984.2, G984.3, G984.4 y G984.5. Las redes ópticas pasivas con capacidad Gigabit tienen velocidades superiores a 1 Gbps. Tanto el sentido descendente como el ascendente viajan en la misma fibra óptica. Para ello se utiliza una multiplexación WDM (Wavelength Division Multiplexing).

Las GPON tienen un alcance máximo de 60 km y una sola fibra puede dar servicio hasta a 64 usuarios en condiciones normales.

1.7.1.4 EPON (Ethernet PON)

Están definidas en el estándar IEEE 802.3ah. Se basa en el transporte de tráfico ethernet en lugar de las celdas en ATM. Su arquitectura de red utiliza el mecanismo MPCP (Multi Point Control Protocol); Este protocolo utiliza recursos como estados de máquina, mensajes y temporizadores que permiten controlar el acceso a la topología. EPON hace una mejora del tráfico IP, la seguridad y soporta mayores velocidades de transmisión de datos.

Las velocidades de transmisión de las redes EPON son: Canales simétricos a 1.25 Gbps, esta velocidad de transmisión se divide para el número de ONUs conectados al nodo. Las redes EPON permiten asignar calidad de servicio tanto para el canal ascendente como para el canal descendente Existe otro tipo de redes denominadas 10G-EPON.

Están definidas en el estándar IEEE 802.3av que especifica el acceso EPON con un ancho de banda simétrico de 10 Gbps o asimétrico de 10 Gbps en sentido descendente y 1.25 Gbps en sentido ascendente. La desventaja de las redes EPON se encuentra en el manejo de nuevos servicios, que se limita al usuario y no al operador.

1.8 Gigabit Passive Optical Network (GPON)

1.8.1 Definición de Gpon

Es una tecnología de acceso mediante fibra óptica con arquitectura punto a multipunto más avanzada en la actualidad, en el que todos los usuarios reciben la misma información, pero sólo quedan con la que está dirigida hacia ellos, y son soluciones de acceso de alta capacidad para servicios triple-play (voz, vídeo y datos). (Ríos, 2011, p. 43).

1.8.2 Características del estándar Gpon

- La ITU-T inició sus trabajos en el estándar GPON en el Año 2002.
- GPON proporciona una estructura de trama escalable desde 622 Mb/s hasta 2,5 Gb/s.
- El método de encapsulamiento de la información que utiliza GPON se llama GEM (GPON Encapsulation Method).
- Soporta cualquier tipo de servicio (Ethernet, ATM, TDM, entre otros) en un protocolo de transporte SINCRONO basado en tramas periódicas de 125 us.

- GPON apunta a velocidades de transmisión mayor o iguales a 1,2 Gb/s cuenta con ciertas combinaciones como se observa en la Tabla 1-1:

Tabla 1-1: Velocidades de Transmisión

Upstream	Downstream
155 Mbps	1,2 Gbps
622 Mbps	1,2 Gbps
1,2 Gbps	1,2 Gbps
155 Mbps	2,4 Gbps
622 Mbps	2,4 Gbps
1,2 Gbps	2,4 Gbps
2,4 Gbps	2,4 Gbps

Fuente: (Ríos, 2011, p. 45).

Realizado por: Danny León V, 2021

- El modo de Encapsulamiento GEM permite mayor flexibilidad y transmisión de paquete IP. El encabezado del estándar GEM contiene los siguientes campos:

Campo PLI, indicador de la longitud del payload

Campo PORT ID (Identificación del Puerto) – 4096 Indicadores

Campo PTI (Tipo de Contenido)

Campo HEC (Protección del error de código)

1.8.3 Normativas técnicas ITU G.984.X

Estas normas técnicas otorgan a los usuarios mejores costos, competitividad y diversidad de fabricantes. Se dará una breve descripción de las normas ITU – T en la serie G: (Sistemas y Medios de Transmisión, Sistemas y Redes Digitales). (ITU-T, 2012a, p.1)

1.8.3.1 Norma ITU-T G.984.1

Esta norma muestra las características generales de una red GPON, el funcionamiento y constitución, con la finalidad de la convergencia del equipamiento, así como mostrar la topología utilizada. (ITU-T, 2012b, p.1)

1.8.3.2 Norma ITU-T G.984.2

Esta norma se resume en una serie de especificaciones para la administración de la capa dependiente de los medios físicos PMD (Physical Media Dependent), aglomera valores nominales de 1244.160Mbit/s y 2488.320Mbit/s en sentido descendente y 155.52Mbit/s, 622.08Mbit/s, 1244.160Mbit/s y 2488.320Mbit/s en sentido ascendente y con respecto a estas velocidades descritas contribuye con el entendimiento de la señal tanto simétrico como asimétrico. La norma engloba servicios de voz, distributivos y de datos con tasas de transmisión en Gbps. (ITU-T, 2012, p.3)

1.8.3.3 Norma ITU-T G.984.3

Los parámetros dados en esta recomendación sirven para aclarar la interoperabilidad entre la capa de convergencia y la PMD, en base al uso de herramientas como el AES y la trama FEC utilizada en la comunicación entre la OLT y varias ONU en sentido descendente. Se define que está directamente referenciada a los aspectos de la fibra óptica, describiendo algunas de las redes con acceso flexible para este medio y las características de las redes PON. (ITU-T, 2012, p.5)

1.8.3.4 Norma ITU-T G.984.4

Esta normativa se centra en OMCI (ONT Management and Control Interface) interfaz de control y gestión de la terminación de red óptica ONT, trabaja en MBI (Management Information Base) base de información de gestión autónomo del protocolo de comunicación entre los equipos ópticos OLT y ONT. Se concluye que esta norma ofrece la administración de los diferentes servicios y sus tramas, según sus relaciones y atributos dentro del complejo sistema de encriptación.

1.8.3.5 Norma ITU-T G.984.5

Esta normativa propone el rango de bandas y longitudes de onda que se prolonguen por determinado tiempo, otorgar señales que posean servicios nuevos para los usuarios usando WDM, con el fin de optimizar en el caso de nuevas redes ópticas pasivas, concerniente al empleo aconsejable de las ODN. (Páez, 2013, pp. 198-201)

1.8.4 Protocolos utilizados en redes Gpon

1.8.4.1 TDM (Time Division Multiple)

Es cuando 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.

1.8.4.2 TDMA (Time Division Multiple Access)

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.

1.8.5 Arquitectura una red GPON

La red GPON está compuesta por:

OLT: Equipo que gestiona el tráfico desde el MPLS con los equipos terminales.

ODN: La red de FO más Splitters.

ONT/ ONU: Equipos terminales de cliente.

1.8.6 OLT (Optical Line Terminal – Terminación de Línea Óptica)

Es uno de los componentes claves utilizados en redes GPON, por lo general está ubicado en el cuarto central de control, es un elemento activo, desde él se llevar a cabo la conversión entre las señales eléctricas utilizadas por los equipos del proveedor de servicios y las de fibra óptica señales utilizadas por la red óptica pasiva. Las cuales parten hacia el usuario final, tienen una capacidad para dar servicios a un gran número de abonados.

En la Figura 9-1 se observa a una OLT la cual 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).



Figura 9-1. Equipo Terminal Óptico

Fuente: https://upload.wi/OLT_Alcatel_CityPlay_Amiens.jpg

1.8.6.1 ODN (Red de distribución óptica)

Está formada por un cable feeder (troncal) como se indica en la Figura 10-1, donde se conecta el puerto del ODF y la entrada principal de splitter; y a través de cables de distribución se conectan las salidas de los splitters secundarios a los equipos terminales (ONT) a través de una caja de distribución y cables tipo Drop o de acometida.

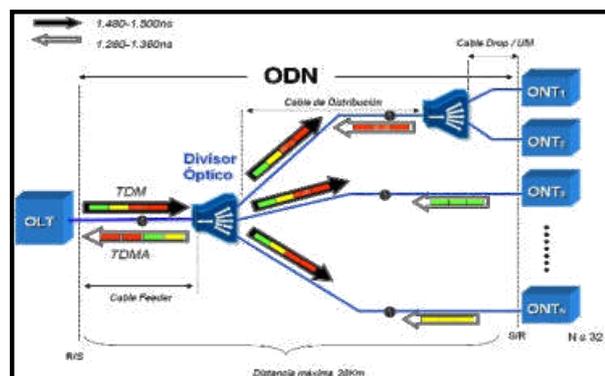


Figura 10-1. Red de Distribución Óptica

Fuente: <http://wwwen.zte.com.cn/endata/magazine/zte technologies/2009year/no9/articles/201001/W02010019181399.jpg>

1.8.6.2 ONT (Optical Network Terminal – Terminal de Red Óptica)

En el sistema GPON, se trata del equipo que ofrece el servicio al usuario y que conectará directamente con la OLT. Este equipo es básicamente un convertidor de medios y que utilizando diferentes longitudes de onda es capaz de transmitir y recibir de forma simultánea y por una sola fibra Monomodo información digital correspondiente a voz, datos y vídeo como se observa en la Figura 11-1.



Figura 11-1. Terminal de Red Óptica

Fuente: http://fibraoptica.blog.tartanga.net/files/2014/07/FTTH-Ont_9.jpg

1.8.6.3 ONU (Optical Network Unit – Unidad de Red Óptica)

La ONU es un elemento que pueden registrarse contra una OLT. Se trata de dispositivos de distribución como se observa en la Figura 12-1 que dan servicio a más de un usuario. Por un lado, ofrece conectividad GPON para la interconexión con la OLT y por otro dispone de diferentes tecnologías para dotar de servicio a los usuarios. Habitualmente suelen ofrecerse con la posibilidad de emplear VDSL2, ADSL2+, Fast Ethernet y POTS. (Vargas, 2015, pp. 40-46)



Figura 12-1. ONU (Unidad de Red Óptica)

Fuente: http://content.hwigroup.net/images/products_xl/075802/linksys-wireless-n-broadband-Onu-with-storage-link.jpg

1.9 Redes FTTx.

A estas redes o arquitecturas de alto desempeño que reemplazan total o parcialmente al cobre por fibra óptica como indica la Figura 13-1, se las conoce como tecnologías de telecomunicación FTTX en inglés (Fiber to the X) y en castellano (Fibra hacia X) donde la X simboliza los distintos puntos de terminación de la red de fibra, esto quiere decir que dependiendo de este punto las redes FTTX forman distintas topologías, es así como para abarcar todos los nombres de las distintas topologías se utiliza el denominador común FTTX, que pueden ser totalmente de fibra o mixtas (fibra óptica y cobre).

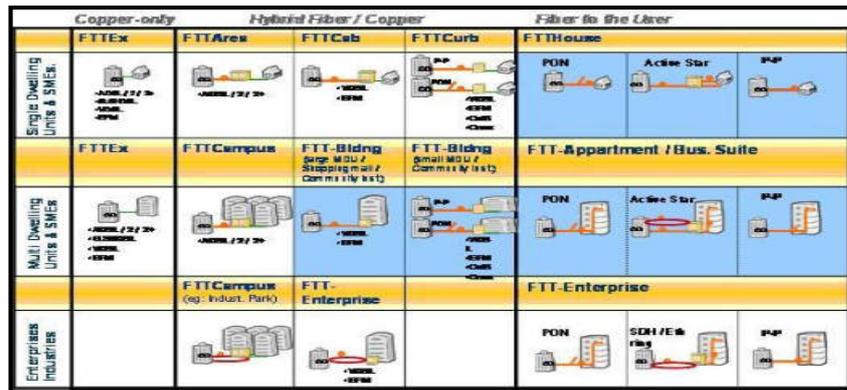


Figura 13-1. Fiber to the X

Fuente: http://www.fs.com/blog/wp-content/uploads/2014/12/FTTx-concepts_and_applications.jpg

Elementos que determinan esta clasificación:

- **Alcance**

Longitud de la fibra óptica

- **Medios de Transmisión**

Únicamente de fibra óptica

Combinación de fibra óptica y par de cobre trenzado

- **Componentes de Red**

Terminales de usuario (ópticos)

Equipos concentradores (DSL)

A continuación, se describen las diferentes topologías de FTTX:

1.9.1 FTTC (Fiber to the cabinet o fiber to the curb)

Fibra hasta el gabinete o esquina, es una topología del tipo mixta, es decir, utiliza como medio de trasmisión fibra óptica y cobre. El trayecto de la fibra óptica va desde la central del operador conocida como OLT (Optical Line Terminal), hasta un nodo de distribución construido máximo

a 300m de separación con los usuarios, a partir de ese punto la red llega hasta los usuarios mediante cobre.

Si este es el caso generalmente se utiliza tecnología xDSL, específicamente VDSL, en donde se coloca un equipo llamado DSLAM (Digital Subscriber Line Access Multiplexer) en el nodo de distribución, el cual permite mediante cobre que los usuarios accedan a los servicios de telecomunicación. (GONZÁLEZ, J. y VEGA, I, 2009a, p. 180.)

1.9.2 FTTB (*Fiber to the building or Fiber to the Building*)

Fibra hasta el Edificio, esta es una topología mixta, el trayecto de la fibra óptica va desde la OLT hasta la acometida del edificio de donde se distribuye en su interior a cada departamento o dependencia del edificio mediante cobre de igual forma con una ONU; o también puede ser distribuida de forma inalámbrica. (GONZÁLEZ, J. y VEGA, I,B, 2009b, p. 181)

1.9.3 FTTH (*Fiber to the home*)

Fibra hasta la casa, es una topología totalmente basada en fibra óptica, es decir, todo el trayecto de la fibra va desde la central hasta la casa de los usuarios. Este tipo de topología es del tipo árbol el cual parte de la OLT, llega a unos dispositivos pasivos llamados splitter los cuales dividen las señales ópticas, hasta llegar a las casas de los usuarios en donde en su interior se encuentran los dispositivos terminales ONT (Optical Network Terminal). (GONZÁLEZ, J. y VEGA,C, 2009c, p. 182)

1.9.4 FTTN (*Fiber-to-the-node*).

En FTTN o fibra hasta el nodo, la fibra óptica termina en una central del operador de telecomunicaciones que presta el servicio, suele estar más lejos de los abonados que en FTTH y FTTB, típicamente en las inmediaciones del barrio, por lo que en alguna bibliografía se asigna a la N la palabra neighborhood con su significado igual a vecindario (Zunino, 2009, pp. 16-19)

Las topologías responden a las distintas necesidades de las áreas Urbana Densa y Suburbana/Rural. (GONZÁLEZ, J. y VEGA,D, 2009d, p. 183)

1.9.5 FTTE

Es una arquitectura compatible con los estándares del sistema de cableado estructurado que se extiende la red troncal de fibra de la sala de equipos, a través de la sala de telecomunicaciones, y directamente a un recinto de telecomunicaciones (TE) instalado en un espacio común para servir a un número de usuarios en un área de trabajo.

Su aplicación se basa en la TIA/EIA-569-B "Caminos y Espacios", la cual define el recinto de Telecomunicaciones (TE), y TIA/EIA-568-B.1 Addendum 5, que define el cableado.

La arquitectura permite FTTE para cualquier elección los medios de comunicación de la TE en el área de trabajo, ya que puede ser de cobre de par trenzado balanceado, fibra óptica multimodo o monomodo de fibra óptica o inalámbrica, incluso si un punto de acceso está instalado en o cerca de la TE.

1.9.6 FTTP

La fibra óptica hasta las instalaciones FTTP se refiere a un tipo de tecnología de telecomunicaciones donde se utilizan cables de fibra óptica para conectar el equipo de distribución que se encuentra más cercano al usuario destinatario de la conexión directamente a la red principal de telecomunicaciones. La diferencia entre FTTP y FTTH (*Fiber To The Home*) radica en que la conexión FTTH tiene un alcance directo hasta el espacio físico donde se encuentra el destinatario final de la conexión (hogar, negocio, etc.) mientras que la conexión de tipo FTTP se realiza hasta "*el equipo distribuidor más cercano*" al destinatario, llegando hasta el lugar físico donde se encuentra el destinatario de la conexión por otros medios como pueden ser cable coaxial o par trenzado de cobre, entre otros. (JARDON y LINARES, 2005, p. 47)

1.9.7 FTTD

Conexión de fibra óptica se instala desde la sala de ordenadores principales de un terminal o un convertidor de fibra media, cerca de la mesa de los usuarios. (POZO y ZURITA, 2019)

1.9.8 FTTA

Diferente del modelo FTTB, la señal óptica transmitida por la prestadora de servicios pasa por un splitter óptico ubicado en la sala de equipos del edificio de atención, dividiéndose y transmitiéndose individualmente a cada departamento/oficina. En la Figura 14-1 se presenta las Topologías más utilizadas.

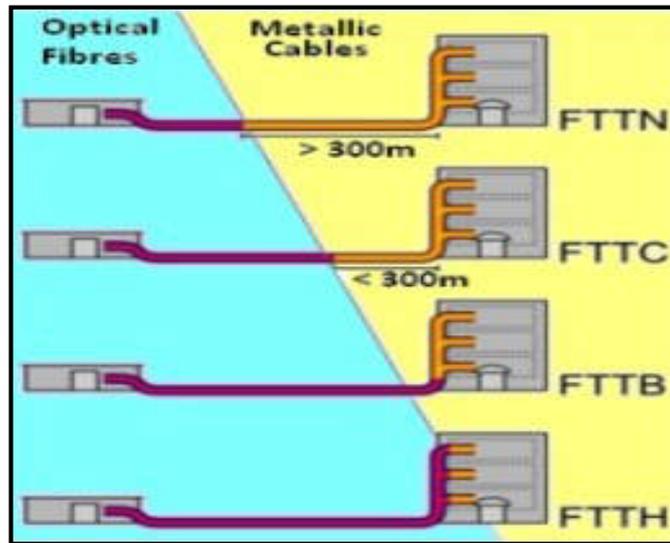


Figura 14-1. Topologías de redes FTTx

Fuente: http://www.fs.com/blog/wp-content/uploads/2014/12/FTTx-concepts_and_applications.jpg

- **Fiber To The Node (FTTN)**

Fibra óptica y cable coaxial (Outdoor) 200 – 500 hogares por fibra Servicios de 30 Mbps

- **Fiber To The Curb (FTTC)**

Fibra óptica y par de cobre (Outdoor) 10 – 100 hogares por fibra Servicios de 50 Mbps

- **Fiber To The Building (FTTB)**

Fibra óptica (Outdoor) y par de cobre (Indoor) 32 hogares por fibra Servicios de 100 Mbps

- **Fiber To The Home (FTTH)**

Enteramente de fibra óptica 1 hogar por fibra Servicios de más de 100 Mbps.

Clasificación:

✓ Propiedad Vertical

Edificios Residenciales FTTB/FTTA

Edificios Comerciales FTTB

Centros Comerciales FTTC/FTTB

✓ Propiedad Horizontal

Zonas Residenciales FTTH

Barrios Privados FTTC

1.10 Servicio triple play

La red GPON es el tipo de red PON más utilizado en la actualidad para ofrecer el servicio de Triple Play, debido a la capacidad que tiene para realizar la convergencia de estos servicios como se observa en la Figura 15-1. El objetivo técnico para conseguir es que estos servicios y cualquier otro que pudiera surgir en el futuro puedan funcionar sobre una única infraestructura y a su vez todos funcionen dentro de unos parámetros de calidad aceptables. (QUISHPE y VINUEZA, 2010, p.25)

De esta forma sólo es necesario invertir en una única infraestructura para disfrutar de varios servicios distintos que hasta ahora solían tener infraestructuras propias.

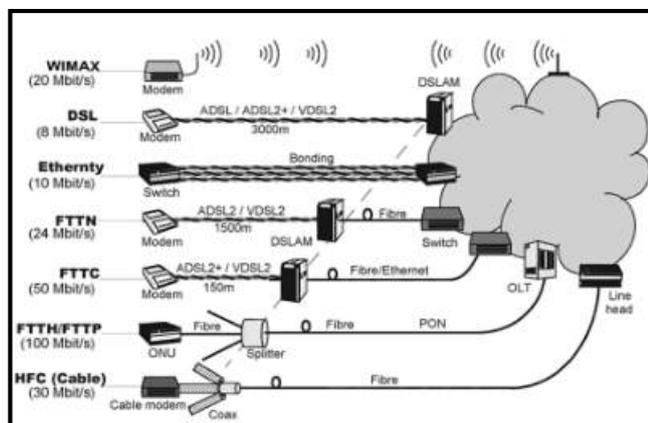


Figura 15-1. Servicios triple play

Fuente: http://www.eoi.es/blogs/mtelcon/files/2013/01/Triple_play2.png

1.10.1 Definición

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

1.10.2 Servicios que componen el paquete triple play

Los Servicios de telecomunicaciones que componen el paquete triple play son:

1.10.2.1 Internet

Se trata de un sistema de redes informáticas interconectadas mediante distintos medios de conexión, que ofrece una gran diversidad de servicios y recursos, se caracteriza por requerir unos anchos de banda bastante elevados. Hoy en día, los servicios más usados en Internet son: El Correo Electrónico, La World Wide Web, o www como se suele abreviar, El FTP (File Transfer Protocol), Los Grupos de Noticias son el servicio más apropiado para entablar debate sobre temas técnicos. El servicio IRC (Internet Relay Chat) permite entablar una conversación en tiempo real con una o varias personas por medio de texto y los Servicios de Telefonía son las últimas aplicaciones que han aparecido para Internet.

1.10.2.2 Voz

Sistema que permite la comunicación a distancia entre dos o más personas. La tecnología digital, permite usar servicios adicionales como Internet. Voz sobre Protocolo de Internet, es un grupo de recursos que hacen posible que la señal de voz viaje a través de Internet empleando un protocolo IP.

Esto significa que se envía la señal de voz en forma digital, en paquetes de datos, en lugar de enviarla en forma analógica a través de circuitos utilizables sólo por telefonía convencional como las redes PSTN. Los servicios de voz requieren la capacidad de 200 Kbps para la transmisión de servicios de la Voz.

1.10.2.3 Video.

Para el servicio de video se utiliza la tecnología IPTV, CATV y Televisión Online.

IPTV (Televisión por Protocolo de Internet) se ha convertido en la denominación más común para los sistemas de distribución por suscripción de señales de televisión o vídeo usando conexiones de banda ancha sobre el protocolo IP. Es un servicio de televisión de pago que transmite la señal a través del cobre (ADSL) o Fibra Óptica (FFTH), pero a través de un circuito cerrado propiedad de las operadoras. Su gran ventaja, es que, en comparación a la TV Online, esta no va a sufrir cortes. Se puede ver al igual que se hace con la TV por cable o satélite de pago.

CATV(televisión por cable) comúnmente denominada video cable o simplemente cable, es un servicio de sistema de televisión por suscripción que se ofrece a través de señales de radiofrecuencia que se transmiten a los televisores por medio de redes de fibra óptica o cable coaxial.

Televisión Online se trata de la perspectiva inmediata que proporciona Internet para distribuir esta nueva forma de producir y transmitir material de comunicación audiovisual en línea, proporcionando al usuario la facilidad de reproducirlo. La televisión por Internet utiliza sus conexiones para transmitir vídeo desde una fuente (host u origen) hasta un dispositivo (normalmente el usuario). La televisión online utiliza el protocolo de transmisión de datos TCP/IP, teniendo programación general para todos los usuarios y contenidos específicos seleccionados de la televisión IP por los propios usuarios.

CAPITULO II

MARCO METODOLOGICO

A lo largo de este capítulo se presenta la metodología empleada para la elaboración del presente proyecto la que se divide en dos etapas:

- Metodología de Investigación.
- Metodología del Diseño de la red Gpon.

2. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

En esta sección se detalla los tipos, métodos y técnicas de investigación que se utilizó para obtener la información necesaria y determinar los aspectos importantes en la elaboración de la red de acceso Gpon para la ciudad de Alausí.

2.1 Tipos de investigación

Para poder llevar a cabo un proyecto se debe realizar una excelente investigación para lo cual se hace uso de los diferentes tipos de investigación, en la presente tesis se aplicó la investigación bibliográfica, descriptiva y de campo.

2.1.1 *Investigación Bibliográfica*

La investigación bibliográfica constituyo una excelente introducción a toda la investigación, además fue necesaria como una primera etapa ya que se empezó realizando una amplia búsqueda de información en documentos acerca de los sistemas y tecnologías de las comunicaciones ópticas. En la tecnología Gpon se realizó un proceso sistemático y secuencial de recolección, selección, clasificación y análisis de contenido tanto físico y virtual lo que sirvió de fuente teórica, conceptual y metodológica para este proyecto.

2.1.2 *Investigación Descriptiva*

Este tipo de investigación trabaja sobre realidades de hechos, y su característica fundamental es la de presentar una interpretación correcta. Su objetivo en esta investigación fue llegar a conocer las situaciones y actitudes predominantes a través de la descripción exacta de las actividades, objetos y procesos de la ciudad de Alausí en lo que se refiere a TI, se describió de modo sistemático las características de la red actual, su situación y el área de interés. Se recogió datos, se expuso y se resumió la información de manera cuidadosa para luego analizarla, a fin de extraer generalizaciones significativas que contribuyan a este trabajo.

2.1.3 Investigación de campo.

Se utilizó este tipo de investigación pues se tuvo que acudir hasta el lugar del problema tanto para la obtención de información de la red actual, así como para la etapa de diseño de la nueva infraestructura de red Gpon.

Se trabajó directamente en el entorno para la búsqueda de datos de la red de la institución acudiendo al municipio de la ciudad de Alausí donde se proporcionó la información necesaria para el desarrollo de este trabajo, de igual manera en la etapa de diseño de la red de acceso Gpon se tuvo que asistir hasta la institución para realizar observaciones del área a cubrir con la nueva red con el fin de obtener datos reales y más fiables.

2.1.4 Métodos de Investigación

Se utilizó el Método Lógico Deductivo ya que se siguió el procedimiento sintético-analítico. Se presentó los conceptos, principios, definiciones, normas generales, de las que se extrajeron conclusiones. Se realizó el diseño de la red de acceso Gpon para la ciudad de Alausí sobre la base de las afirmaciones generales presentadas por la tecnología Gpon y por medio del estudio y razonamientos se condujo a probarla y hacerle evidente.

2.1.5 Técnicas

Las técnicas de investigación comprenden un conjunto de procedimientos y herramientas para recoger, generar, analizar y presentar información válida, fiable y objetiva. Las técnicas que se utilizó en este trabajo fueron la entrevista, revisión de registros y la observación.

2.1.6 Entrevista

Se utilizó esta técnica para obtener datos y consiste en un diálogo entre dos personas: El entrevistador "investigador" y el entrevistado; se realiza con el fin de obtener información de parte de este, que es, por lo general, una persona entendida en la materia de la investigación. Se utilizó la entrevista con la finalidad de tener información sobre la Red actual en la ciudad, la cual fue dirigida a la ciudadanía de la ciudad de Alausí. La entrevista fue estructurada mediante un cuestionario previamente elaborado el cual se presenta en el anexo A.

2.1.7 Revisión de Registros

Se empleó para conocer el comportamiento de la red existente de la institución y para reunir información necesaria y suficiente para el nuevo diseño de red. Con la revisión de registros se

pudo examinar y extraer datos de documentos escritos, virtuales, gráficas y estadísticas del comportamiento que presentaba con anterioridad la red de la ciudad de Alausí.

2.1.8 Observación

Una vez obtenido los datos necesarios para este proyecto se utilizó la técnica de la observación, cuya función principal e inmediata fue recoger información sobre el objeto que se toma en consideración. Por lo tanto, se tuvo que observar, analizar y realizar un diagnóstico del área donde se va a desarrollar el proyecto, información que fue necesaria en la etapa de diseño de la red de acceso GPON.

2.2 Metodología para el diseño de la red de acceso Gpon en la ciudad de Alausí.

La metodología del diseño es utilizada para buscar soluciones, las cuales son encontradas mediante diferentes métodos asimismo permiten explorar la mente creativa del diseñador. De las Metodologías de Redes se optó por la Metodología de Top-Down Network Design donde se realiza un conjunto de pasos como es el Análisis de Requerimientos, Desarrollo del Diseño Lógico, Desarrollo del Diseño Físico, Pruebas, Optimización y Documentación del Diseño.

El presente proyecto se elaboró de acuerdo con tres Fases que encierran todos los pasos de la Metodología de Top-Down Network Design y son las siguientes:

- **Fase de Análisis**

Se realizó un estudio de la organización para la cual se propone el diseño de red Gpon, es decir se efectuó un análisis de la red existente en la ciudad de Alausí, constituyendo un proceso sistemático, riguroso y racional de recolección de información, de modo que se buscó conseguir la situación lo más real posible.

- **Fase de Diseño**

En esta fase se hizo el diseño de la red de acceso Gpon de acuerdo con los requerimientos y datos reunidos durante la primera fase. Para empezar, se realizó un diseño lógico, es decir la topología de la red, y posteriormente se seleccionó las tecnologías y dispositivos específicos que satisficieron los requerimientos técnicos del diseño lógico propuesto.

- **Fase de Evaluación**

En la tercera fase se efectuó las pruebas respectivas para comprobar la funcionalidad del proyecto mediante cálculos teóricos y el empleo del Software Optisystem el cual se utilizó para corroborar los resultados obtenidos.

2.3 Localización de la zona

El cantón Alausí, se encuentra ubicado en la provincia de Chimborazo a 97 km, de la ciudad de Riobamba, Se distribuye en diez parroquias, una urbana (Alausí) y nueve rurales. La zona urbana está ubicada a una Altitud: 2°12'11"S, longitud: 78°50'49" y una Altitud sobre el nivel del mar de 2345 m. En la Figura 1-2 se determina el área de estudio para la red FTTH.

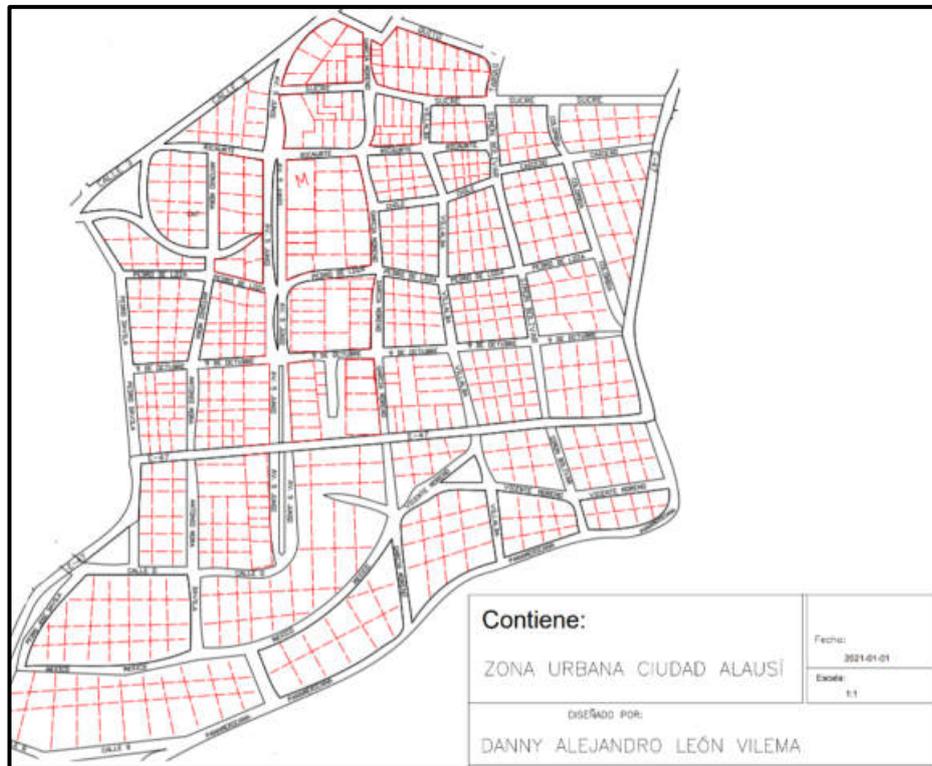


Figura 1-2. Localización de la Zona

Fuente: Danny León V, 2021

2.3.1 Estudio del Sector

La ciudad de Alausí cuenta con 16925 habitantes, el estudio se aplicó a la zona urbana de la ciudad que tiene 6330 habitantes perteneciente al 37.40%, además esta zona se encuentra determinada como área homogénea de asentamientos humanos consolidados, dotados de infraestructura básica de servicios públicos, los cuales se pueden usar para zonas residenciales, comerciales, cuenta con un área de 31.13 hectáreas.

2.3.1.1 Zonificación del sector

Para determinar las diferentes zonas a dividir dentro del diseño, se estableció un área de cobertura, en ciudades definiendo polígonos de hasta 250m y en territorio rural de hasta 500m. En la Figura 2-2 se determinó:

- Polígono I, II con una longitud desde el centro hasta sus lados de 200m.
- Polígono III, IV con una longitud desde el centro hasta sus lados de 250m.



Figura 2-2. Polígono de Cobertura

Fuente: Danny León V, 2021

Una vez identificados los polígonos en el diseño se trabajó con 4 zonas anteriormente determinadas.

En la Figura 3-2 se muestra de mejor forma la zonificación así como el número de manzanas con las que cuenta la zona urbana de Alausí, cabe recalcar que algunas manzanas no fueron tomadas en cuenta ya que corresponden a estadios o parques o sitios turísticos los cuales no necesitan redes FTTH.

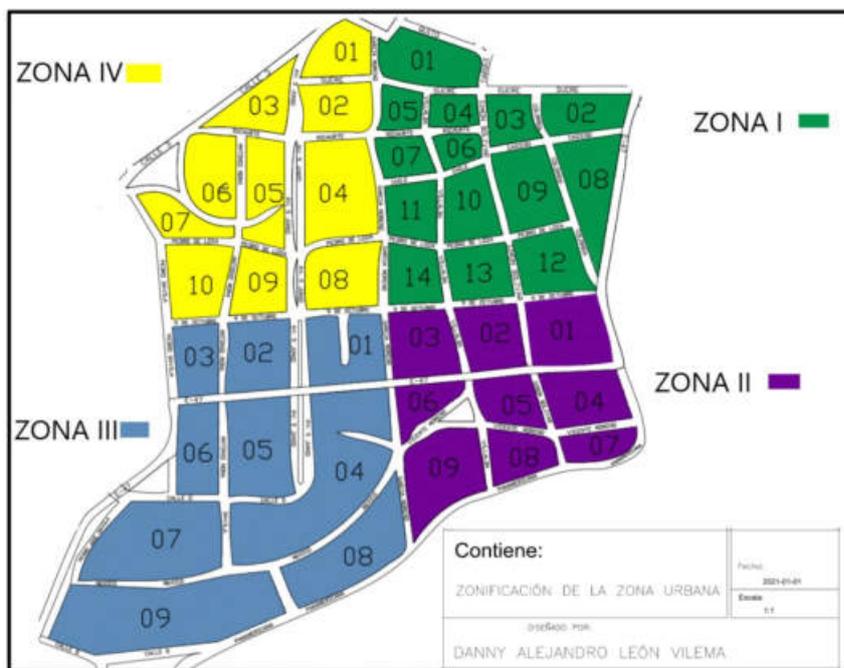


Figura 3-2. Zonificación de la Ciudad de Alausí.

Fuente: Danny León V, 2021

- La Zona I es la que se encuentra de color verde la cual cuenta con 14 manzanas.
- La Zona II es la que se encuentra de color violeta la cual cuenta con 9 manzanas.
- La Zona III es la que se encuentra de color celeste la cual cuenta con 9 manzanas.
- La Zona IV es la que se encuentra de color amarillo la cual cuenta con 10 manzanas.

2.3.1.2 Población

Para determinar los diferentes usuarios finales que se encuentran en la actualidad se recorrió la ciudad de Alausí determinando el número de viviendas habitadas en las diferentes zonas de estudio. En la tabla 1-2 se identificó los posibles usuarios finales de acuerdo con las zonas previamente establecidas.

Tabla 1-2: Viviendas por zona

Zona	Número de Viviendas
Zona 1	223
Zona 2	122
Zona 3	185
Zona 4	188
Total	718

Realizado por: Danny León V, 2021

La zona Total tiene un número de 718 viviendas que se encuentran en la zona urbanística de la ciudad de Alausí.

2.3.1.3 Demanda del Sector

En este caso la demanda es la solicitud o petición de un cliente, buscando el servicio de fibra óptica para mejorar la calidad de servicio de este, de tal forma que se atiende los requerimientos del cliente para lograr esto se realizó recorridos de la zona, la contabilización de los posibles clientes, y la proyección de crecimiento anual del sector.

Mediante las visitas realizadas a la ciudad de Alausí, se estableció los posibles clientes potenciales, los cuales pueden adquirir los servicios de voz, video y datos con la red de fibra óptica. De acuerdo con el número de viviendas contabilizadas en la ciudad se procedió al cálculo de la demanda del sector. Este cálculo se realizó para una proyección de 10 años y con el crecimiento anual de 0.8% según el INEC. La fórmula de la demanda Total se indica en la Ecuación 1-2.

$$Df = D_o \times (1 + i)^n$$

Ecuación 1-2: Fórmula de la demanda Total

- Df es la demanda final,
- D_o es la demanda inicial, para este caso el valor de $D_o = 718$
- i es el índice de crecimiento anual, el índice proporcionado por el INEC es de 0.8%.
- n es el tiempo de proyección estimado en años.

$$Df = 718 \times (1 + 0.008)^{10}$$

$$Df = 778$$

Se diseñó una red que abarque a 778 posibles clientes residenciales, para una demanda futura de hasta 10 años.

2.3.1.4 Tamaño de la muestra

En la zona urbanística de Alausí se realizó un número considerable de encuestas para saber las necesidades y requerimientos para los usuarios finales, se obtuvo a través de una muestra aleatoria simple dada por la siguiente fórmula:

$$n = \frac{718}{e^2(N - 1) + 1}$$

Ecuación 2-1: Tamaño de la muestra.

- n es el número de encuestas
- N es el número de viviendas
- e es el error muestral de 0.05%, es decir una confiabilidad del 95%.

$$n = \frac{718}{(0.05^2(718 - 1) + 1}$$

$$n = 257.11$$

De acuerdo con la Ecuación 2-1 se determinó que se deben realizar 257 encuestas a los usuarios finales de cada zona residencial.

2.3.1.5 *Diseño de la encuesta*

Para la creación de la encuesta se utilizó 5 preguntas de selección múltiple el tiempo de duración el cual aproximadamente es de 5 minutos, se procedió a explicar a cada persona sobre la encuesta para que sea de fácil entendimiento y obtener los resultados verídicos que ayuden el diseño y evaluación de la red de fibra óptica, tomando en cuenta la calidad de servicio de la red actual la tecnología la que está utilizando, la encuesta se encuentra en el ANEXO A.

2.3.1.6 *Análisis de las Encuestas.*

Se detalló los diferentes resultados obtenidos a las diferentes preguntas de un total de 257 encuestas realizadas en la zona urbanística de la ciudad de Alausí, enfocados en el costo y beneficio que puede tener cada cliente de la nueva red de fibra óptica.

Se realizó para cada pregunta una tabla de los diferentes valores obtenidos en las encuestas, así como de un diagrama de pastel el cual indica de manera gráfica las diferentes respuestas.

- **Pregunta 1**

1._ “¿Qué tipo de tecnología utiliza usted para acceder a la red de internet?”

En la cual se obtuvo la información de acuerdo con los medios de transmisión utilizados en la vivienda. En la Tabla 2-2 se observa los resultados de acuerdo con el Tipo de Tecnología.

Tabla 2-2: Tipos de Tecnología.

Pregunta 1	Respuestas	Porcentaje
Conexión por cobre (ADSL)	150	58,37
Conexión por fibra óptica	0	0
Modem vía celular (3G, 4G)	107	41,63
Total	257	100

Realizado por: Danny León V, 2021

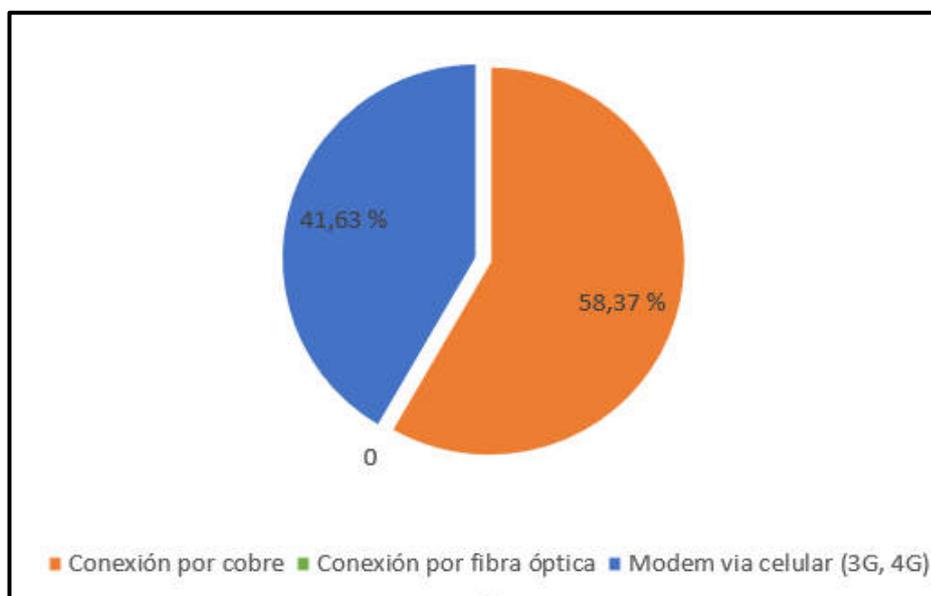


Gráfico 1-2: Porcentaje de los tipos de tecnología que utilizan en las viviendas.

Realizado por: Danny León V, 2021

Como se observa en el Gráfico 1-2 se determinó que el 58.37% de encuestados dispone de la tecnología por conexión de cobre (ADSL), el 41.63% se conecta al servicio de internet por medio de vía celular ya sea 3G o 4G, y aun nadie se conecta por medio de fibra óptica.

Pregunta 2

2._ “¿Cómo es la calidad de servicio actual con relación al costo?”

En la Tabla 3-2 determina si el servicio de telecomunicaciones actual presenta inconvenientes, y si está conforme con el costo que emplean las entidades al momento de brindar dicho servicio.

Tabla 3-2: Calidad de servicio

Pregunta 2	Respuesta	Porcentaje
Excesivo	233	90,66
Normal	24	9,34
Bajo	0	0
Total	257	100,00

Realizado por: Danny León V, 2021

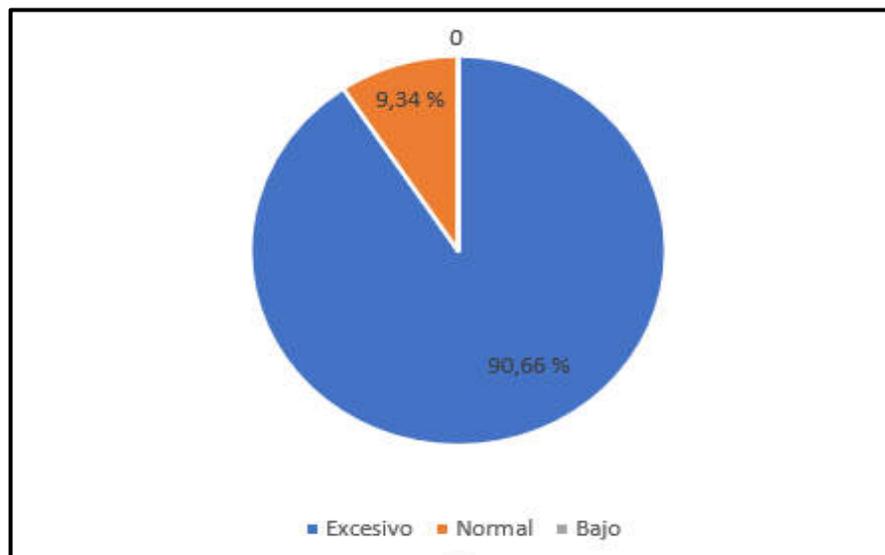


Gráfico 2-2: Porcentaje de la calidad de servicio con relación al costo.

Realizado por: Danny León V, 2021

Cómo se indica en el Gráfico 2-2, el 90.66 % de personas encuestadas se estableció que el costo es excesivo con relación a la calidad de servicio actual, mientras que el 24% dio a conocer que el costo es normal y ninguna persona dio a conocer que el costo es bajo.

Pregunta 3

3._ “¿Estaría dispuesto usted a pagar por un servicio de fibra óptica que le provee una mejor velocidad de internet?”

En la tabla 4-2 se establece si las personas encuestadas optarían por un servicio más rápido que el que dispone actualmente.

Tabla 4-2: Servicio de fibra óptica

Pregunta 3	Respuesta	Porcentaje
Si	245	95,33
No	12	4,67
Total	257	100

Realizado por: Danny León V, 2021

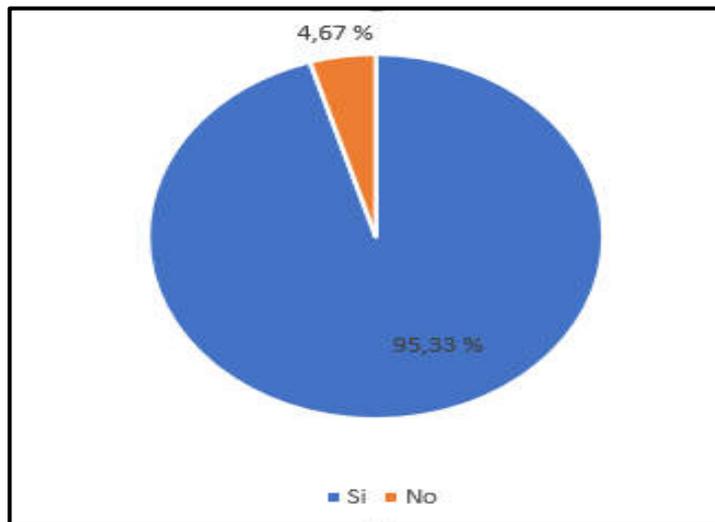


Gráfico 3-2: Porcentaje de usuarios a pagar por redes FTTH.

Realizado por: Danny León V, 2021

Como se observa en el Gráfico 3-2, el 95.33% de personas encuestadas, estaban dispuestas a pagar por un servicio de fibra óptica que le provea una mayor velocidad de internet, mientras que el 4.67% dice que no estaban dispuestas a pagar por dicho servicio.

Pregunta 4

4._ “¿Cuánto usted estaría dispuesto a pagar por los servicios de video, voz y datos a través de fibra óptica?”

A través de la Tabla 5-2 se estableció el precio que las personas estaban dispuestas a pagar por un servicio de fibra óptica hacia la zona residencial.

Tabla 5-2: Presupuesto para adquirir redes FTTH por parte de los clientes

Pregunta 4	Respuesta	Porcentaje
De 15-30	223	86,77
De 30-45	34	13,23
Más de 45	0	0
Total	257	100

Realizado por: Danny León V, 2021

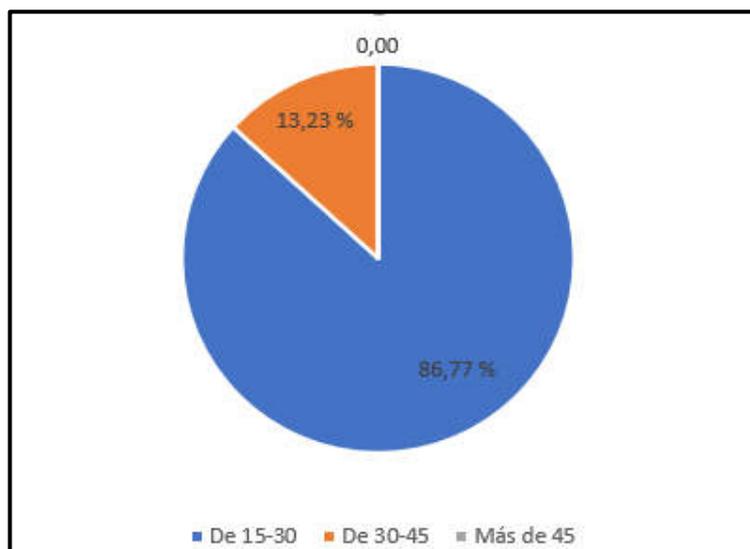


Gráfico 4-2: Porcentaje del presupuesto de los encuestados para adquirir FTTH.

Realizado por: Danny León V, 2021

Como se señala en el gráfico 4-2, un 86.77% de personas encuestadas se encontraban dispuestas a pagar por los servicios de voz, video y datos a través de fibra óptica, mientras que un 13.23% de personas encuestadas no estaban dispuestas a pagar por estos servicios.

Pregunta 5

5_ “¿Durante este tiempo usted ha necesitado un mejor ancho de banda para realizar videollamadas, clases online, video on demand?”

En la Tabla 6-2 se pudo determinar que las personas encuestadas necesitan un buen ancho de banda para poder acceder a aplicaciones que necesitan requerimientos superiores como videollamadas.

Tabla 6-2: Ancho de banda para aplicaciones

Pregunta 5	Respuestas	Porcentaje
Si	226	87,94
No	31	12,06
Total	257	100

Realizado por: Danny León V, 2021

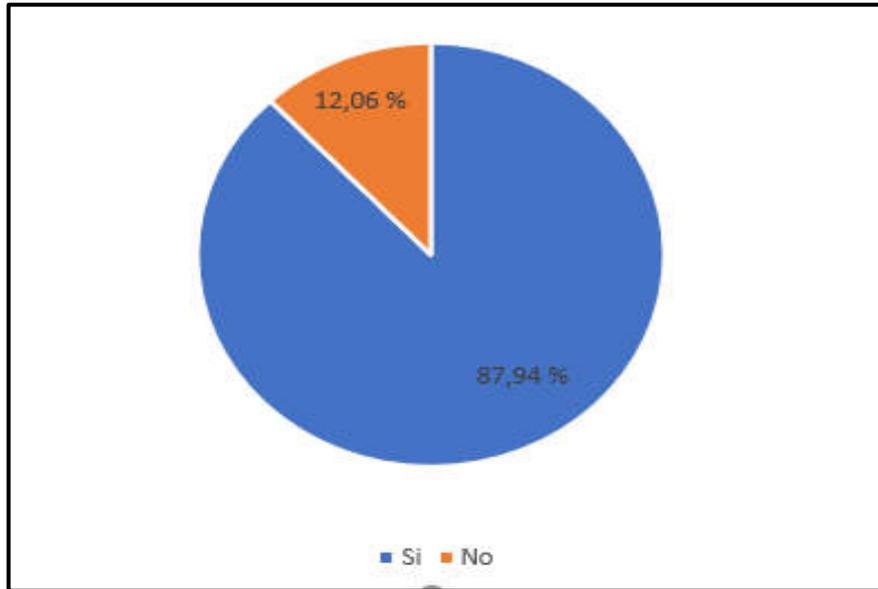


Gráfico 5-2: Porcentaje para mejorar el ancho de banda para aplicaciones on demand.

Realizado por: Danny León V, 2021

En el Gráfico 5-2, se pudo observar que el 87.94% de personas encuestadas requiere un mayor ancho de banda para aplicaciones como videollamada, on demand entre otras, mientras que el 12.06 % no necesitan un mayor ancho de banda.

- **Análisis de las Encuestas**

Después de realizar las encuestas a todos los clientes potenciales se conoció los requerimientos de cada uno de ellos pues así el 58.37% de encuestados dispone de la tecnología por conexión de cobre (ADSL) y el 95.33% de personas encuestadas estaban dispuestas a pagar por un servicio de fibra óptica que le provea una mayor velocidad de internet; evidenciando que se necesita un cambio de Tecnología en este caso FTTH que es la más apropiada para la contratación de servicios de voz, video y datos. Todos los datos obtenidos respaldan que la zona urbana de Alausí necesita la migración de los servicios a redes que convergen con las futuras tecnologías.

2.3.2 Simbología de la red

Para el diseño de fibra óptica se utilizó diferentes planos en los cuales es muy importante ocupar símbolos que identifiquen los elementos que se van a ubicar, tanto en planta interior y exterior, entre los principales se determinó la OLT, el ODF, los RACKS, Identificadores de reserva para

el tendido de fibra óptica, los postes que se encuentran en la ciudad de Alausí, los identificadores de distancia para saber cuánta fibra se ocupó en el diseño de la red, la reserva de los hilos que se obtuvo en el tendido de la red, la manga, el símbolo de subida a poste, los splitter y las fibras que están presentes en cada uno de estos, las diferentes cajas de distribución, también se contó con la simbología para las redes feeder, distribución, dispersión y las ONT que se ubicó al final de la red es decir en el usuario final.

Para el diseño de esta simbología se utilizó el programa AUTOCAD 2018 el cual permite crear la simbología de una manera adecuada y luego modelar de forma correcta la red de fibra óptica.

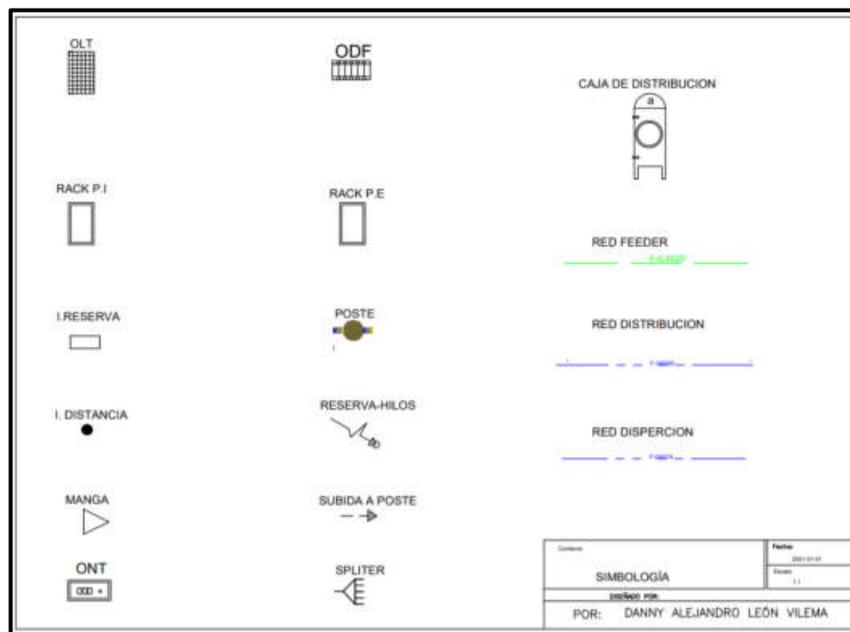


Figura 4-2. Simbología

Realizado por: Danny León V, 2021

En la Figura 4-2 se observa a todos los elementos que se utilizó en el diseño de fibra óptica, estos son de suma importancia para el proyecto de red FTTH ya que ayudó con la zona de estudio y si en algún momento esta red sufre algún tipo de daño físico se puede realizar un mantenimiento correctivo.

2.3.3 Tipo de Cable de Fibra óptica

Es de suma importancia el seleccionar un estándar apropiado para la red GPON, el cable de fibra óptica se extiende a través de toda la ODN hasta llegar a la ONT. Entre las principales diferencias

se tiene las distancias que pueden llegar siendo la Monomodo la más optima llegando a distancias de hasta 20km.

Tabla 7-2: Tipos de Cable de Fibra Ópticos

ESTANDAR	PROPAGACION	LONGITUD DE ONDA	ATENUACION	DIAMETRO DEL NÚCLEO	DIAMETRO DEL REVESTIMIENTO
ITU-T G.651	Multimodo	850/1310	0,3 dB/km	50 um	245 um
ITU-T G.652	Monomodo	1310/1550	0,5 dB/km	8 a 10 um	125 um
ITU-T G.653	Monomodo	1550	0,35 dB/km	7,8 a 8,5 um	125 um
ITU-T G.654	Monomodo	1550	0,22 dB/km	9,5 a 10,5 um	125 um
ITU-T G.655	Monomodo	1550/1625	0,4 dB/km	8 a 11 um	125 um
ITU-T G.656	Monomodo	1550/1625	0,35 dB/km	7 a 11 um	125 um
ITU-T G.657	Monomodo	1310/1550	0,4 dB/km	8 a 7 um	125 um

Realizado por: **Danny León V, 2021**

En la Tabla 7-2 se observa los diferentes tipos de cables con su estándar vigente para lo cual se procedió a la selección del más apropiado, para este caso se ocupó un cable con el estándar ITU-T G652 que brinda longitud de onda de 1310 y 1550 nm, es decir opera en dos ventanas con una atenuación de 0.5 dB/km, cuentan con clases como la A/B/C/D siendo el más común y utilizado el D debido al beneficio costo que este presta, este se ubicara en la red feeder y distribución ya que es más rígido, cuenta con más protecciones como se ve en la Figura 5-2.



Figura 5-2. Cable G652.D

Realizado por: **Danny León V, 2021**

Como se puede observar en la Figura 5-2 este tipo de cable cuenta con varios componentes los cuales ayudan a proteger a las fibras, cabe mencionar que existen para tendido aéreo y subterráneo la diferencia entre estas es las diferentes protecciones que se encuentran siendo el más robusto el subterráneo.

Se cuenta con el cable G 657 que de igual forma trabaja en las ventanas de 1310 y 1550, en las subcategorías A y B. Para el diseño se utilizó la A ya que tiene una mejor maleabilidad y atenuaciones bajas.



Figura 6-2. G 657 A

Realizado por: Danny León V, 2021

La figura 6-2 hace referencia al cable 657 A el cual es utilizado para las redes de dispersión ya que ofrece mayor curvatura y maleabilidad para el instalador, es la que llega al final de la red es decir hacia la ONT.

2.3.4 Nomenclatura para la Red Feeder, Distribución y dispersión

- **Nomenclatura para la red Feeder.**

Para el diseño de la red se definió la siguiente nomenclatura como se muestra en la Tabla 8-2 para la red feeder, la cual ayudó a una distribución más ordenada.

Tabla 8-2: Nomenclatura de la red Feeder

XXX.FT01 00 00(XXX) (X.. XX)	
XXX	Código de la central de Telecomunicaciones.
FT	Fibra Troncal
01	Número de la fibra troncal
00	Primera derivación Fibra troncal
00	Segunda derivación de Fibra Troncal
(XXX)	Capacidad del cable troncal
(X..XXX)	Hilos Activos del Cable troncal

Realizado por: Danny León V, 2021

- **Nomenclatura Red de Distribución**

En la Tabla 9-2 se mostró la nomenclatura para la red distribución.

Tabla 9-2: Nomenclatura de la red de Distribución

XXX.FD01 00 00(XXX) (X.. XX)	
XXX	Código de la central de Telecomunicaciones.
FT	Fibra de distribución
01	Número de la fibra distribución
00	Primera derivación de la fibra de distribución
00	Segunda derivación de fibra de distribución
(XXX)	Capacidad del cable de distribución
(X..XXX)	Hilos Activos del cable de distribución

Realizado por: Danny León V, 2021

- **Nomenclatura de Red de dispersión**

En la red de dispersión se obtuvo varios cambios importantes ya que esta red es la que llega al usuario final como se indica en la Tabla 10-2.

Tabla 10-2: Nomenclatura de la red de Dispersión

XXX.FT01 MT01 A1 R01	
XXX	Código de la central de Telecomunicaciones.
FT01	Numero de fibra Troncal
MT01	Manga principal a la que pertenece la Red
A1	Caja a la que pertenece la fibra del cliente
R01	Puerto que ocupa el cable del cliente en la NAP

Realizado por: Danny León V, 2021

2.3.5 Creación de bloques en Software

El crear bloques es definir atributos para cada símbolo que se colocó en el diseño, cada atributo ayudó a comprender mejor cada elemento ubicado en la zona de estudio. Se detalló los diferentes atributos así como todos los parámetros que permitió realizar el programa AutoCAD 2018 por eso este es muy utilizado para el modelamiento de diseños de redes FTTH.

- **Bloque OLT**

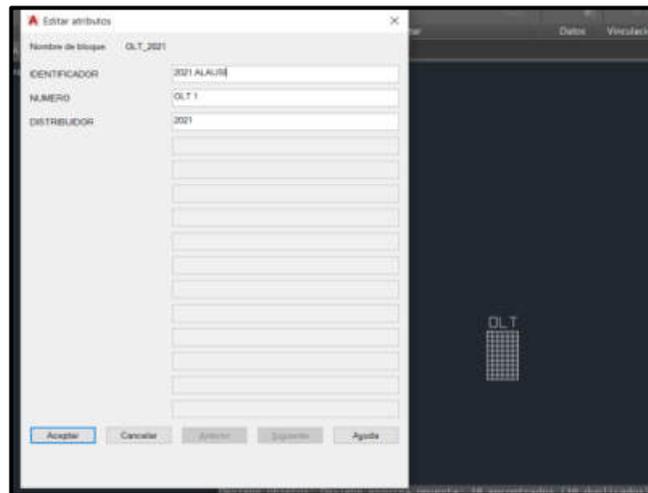


Figura 7-2. Creación del bloque “OLT”.

Realizado por: Danny León V, 2021

Como se puede observar en la Figura 7-2 se definió un bloque con el nombre OLT, el cual estuvo acompañado de sus atributos en este caso se obtuvo:

Para este caso el Identificador se nombró 2021 y la ciudad donde se encuentra la OLT (Alausí).

El numero hace referencia al primer OLT diseñada y asignada como OLT 1.

La variable distribuidor es el código de la central en este caso 2021.

- **Bloque ODF**

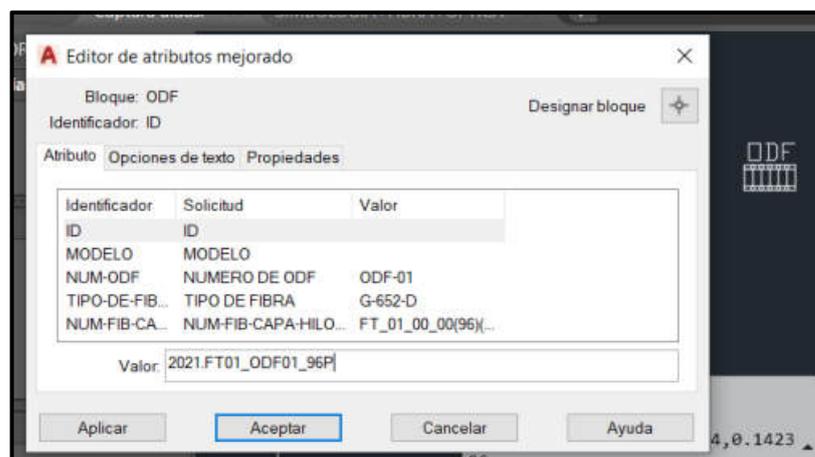


Figura 8-2. Creación del bloque “ODF”

Realizado por: Danny León V, 2021

En la figura 8-2 se observa el diseño de la ODF con los diferentes atributos como son:

Numero de fibra y la capacidad en este caso son los hilos activos según la nomenclatura mencionado para este caso: FT_01_00_00 (96) es decir el feeder es de 96 hilos.

El Tipo de fibra asignado fue el G 652 D.

Numero de ODF, el primero que se ubicó en este caso ODF-01.

El id o identificador fue el 2021.FT01_ODF01_96P, se nombró la OLT, la identificación del feeder con 96 puertos.

- **Bloque Rack de la planta interna y Planta Externa**

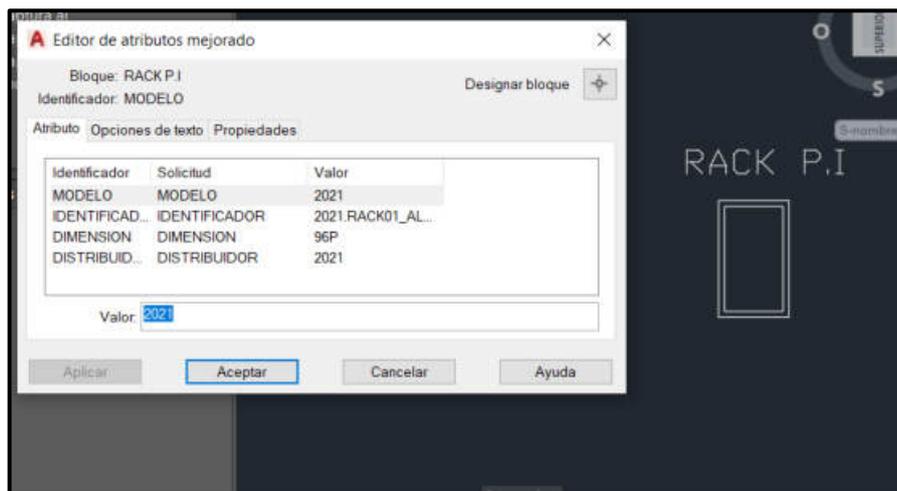


Figura 9-2. Bloque Rack P.I

Realizado por: Danny León V, 2021

En la Figura 9-2 se indica el Rack de Planta Interna el cual está acompañado de las siguientes variables:

La variable modelo es la que se utilizó en el diseño de red en este caso está definido como 2021.

El Identificador lleva el nombre de 2021.RACK01_ALAUSI, el cual hace referencia al lugar donde se colocó el RACK, esto para planta interna. El identificador para planta estuvo definido por 2021.RACK02_ALAUSI.

La dimensión del rack son los puertos que se encuentran para este caso un RACK de 96 puertos.

El distribuidor lleva el mismo nombre del que se encuentra en la OLT para este caso 2021.

- **Bloque POZO**

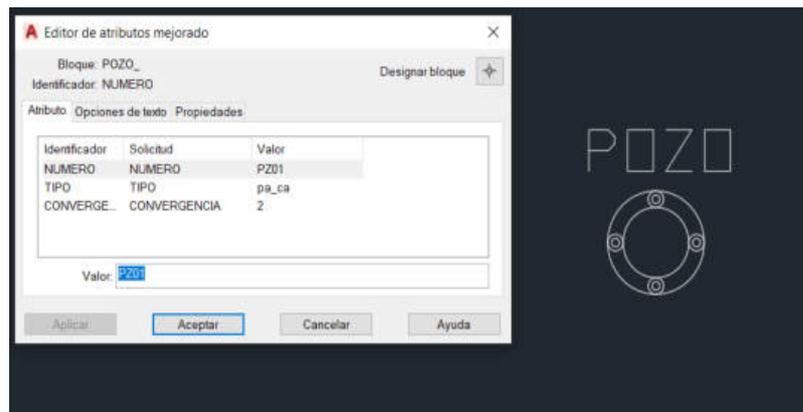


Figura 10-2. Bloque Pozo.

Realizado por: Danny León V, 2021

En la Figura 10-2 se determina las variables; en caso de tener los diferentes planos para el diseño de la red en la zona urbana, mediante vías por pozos estas serían:

En número están las diferentes cantidades de pozos que se encontró en el diseño de la red.

El tipo en este caso fue pa_ca que es un pozo de pavimento y calzada, es el más común que se encontró en las zonas urbanas.

Convergencia son las vías subterráneas con las que cuenta el pozo.

- **Bloque Poste**

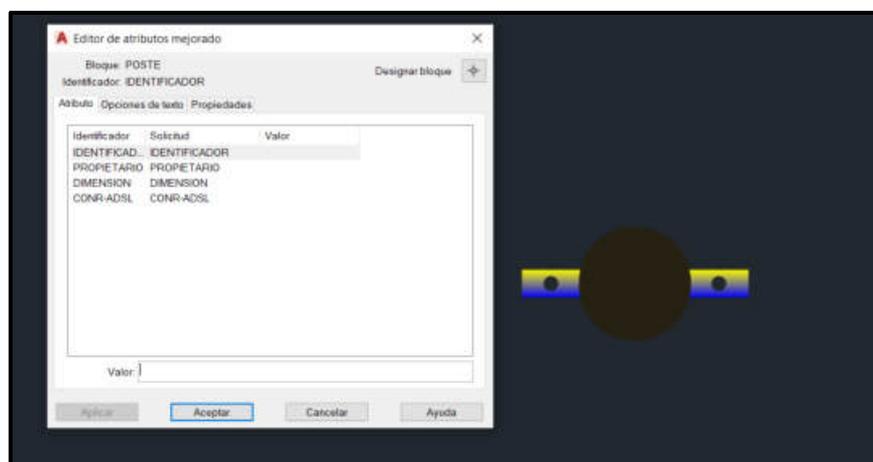


Figura 11-2. Bloque Poste

Realizado por: Danny León V, 2021

La Figura 11-2 se indica los atributos del bloque de Poste, en este diseño cada uno de estos deben tener sus respectivas variables propias entre las principales:

Identificador el cual hace referencia al número de poste de la zona.

El propietario del poste es decir si este es propio o de alguna entidad del estado o empresa privada.

Dimensión es la altura en metros, de cada poste normalmente es de 11m.

La variable CONR-ADSL es para saber si pasa por este poste una red de cobre, este es muy importante ya que en el diseño se utilizó la infraestructura existente para el diseño de la red de fibra.

- **Identificador de Reserva**

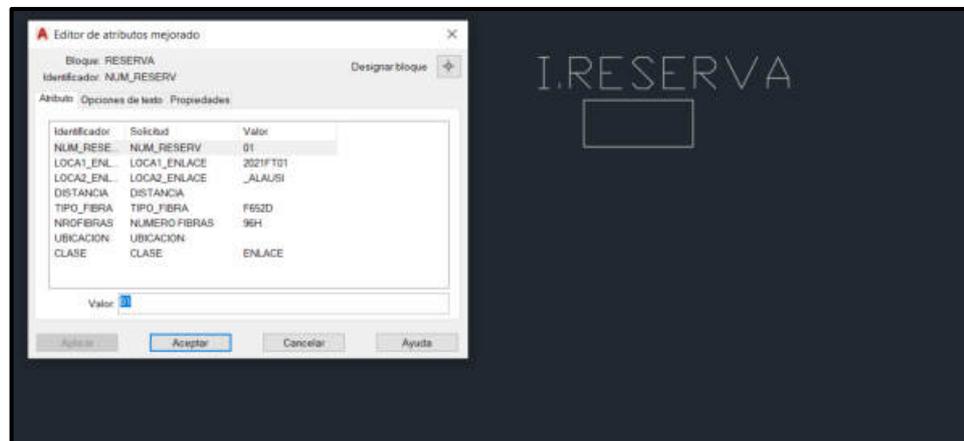


Figura 12-2. Bloque I. Reserva.

Realizado por: Danny León V, 2021

En la figura 12-2 se define a las variables del identificador de reserva las cuales son de suma importancia en el diseño de la red que son:

En el Numero de la Reserva, a medida que se aumentó la red las reservas seguirán añadiéndose en este caso el valor asignado es 01.

En local enlace se asignó el código de la central, más la red que se trabajó en este caso es la troncal o feeder definido como 2021FT01.

En loca2 enlace se asignó el identificador de la OLT que se elaboró en este caso _ALAUSSI.

Mediante el Identificador Distancia esta la cantidad de reserva en metros que se dejó para posibles mantenimientos o tendido de nueva red.

En tipo de fibra no es más que el código de fibra con la que se diseñó, para este caso FG652D.

Se definió el número fibras con la cantidad de hilos, para el diseño se tomó uno de 96 Hilos.

En ubicación se determinó el lugar donde se va a encontrar la reserva puede ser según el nombre de las calles o según algún elemento específico.

La clase de reserva que se realizó es una de enlace.

Cabe recalcar que en las reservas de central son de hasta 50m, y el resto de las reservas que pueden ir a lo largo del cable feeder serían de 15 metros, dependiendo de los recursos de la entidad.

- **Identificador de Reserva**

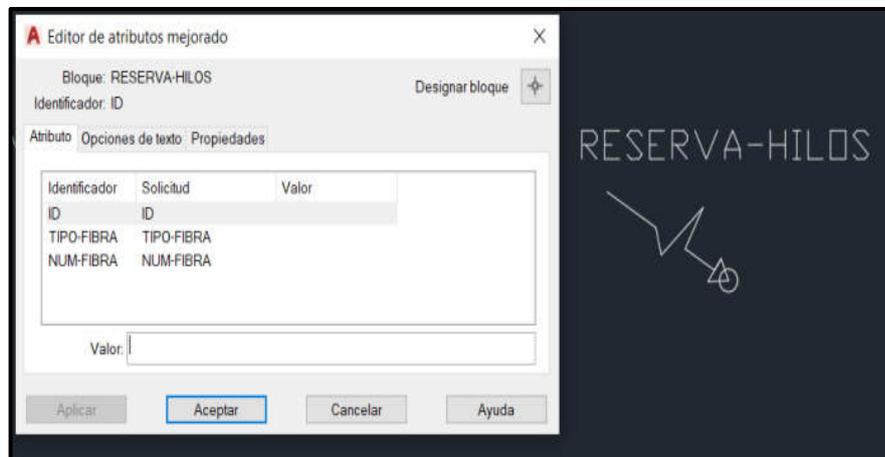


Figura 13-2. Bloque Reserva Hilos

Realizado por: Danny León V, 2021

En la figura 13-2 se coloca el identificador Reserva ya que este bloque define las variables de las reservas de los hilos en el transcurso del diseño de la red de fibra óptica nombradas para este caso son:

Para ID no es más que el identificador de la reserva de hilos se estableció como RH01.

El tipo de fibra para el diseño es el G652D.

En número de fibra se ubicó el número de hilos con la que cuenta la reserva, pues conforme se vaya sangrando se va a disponer de menos hilos.

- **Identificador de distancia**

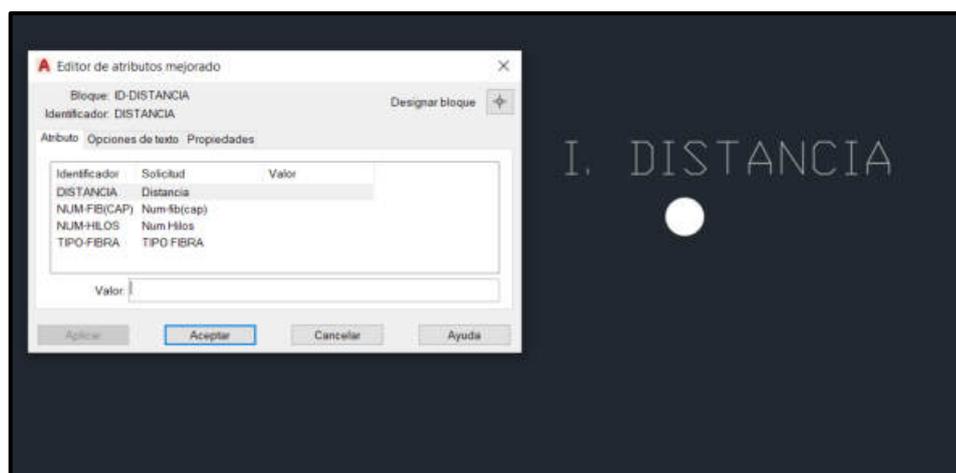


Figura 14-2. Bloque I. Distancia

Realizado por: Danny León V, 2021

Como se observa en la Figura 14-2 se realizó un bloque para determinar las distancias finales de cada red ya sea feeder, distribución o dispersión, para cálculo de la distancia final de este diseño se determinó la siguiente formula:

$$DF = (dr + (nr * mr)) * 1.05$$

Ecuación 3-2: Distancia final de la red

De la Ecuación 3-2 se obtuvo la distancia final para la red FTTH donde:

- DF es la distancia final
- dr es la distancia de la red
- nr es el numero de reservas que dispone la red a calcular
- mr son los metros de la reserva
- 1.05 es un valor constante que indica un factor de error en caso de que se realice alguna curvatura en la red en el momento de implementar.

Para el identificador se estableció la nomenclatura de la red: FT01_00_00 (96).

En número de fibra y capacidad se ubicó el número de los hilos de la fibra óptica.

Al igual que en otros bloques el identificador es el tipo de fibra de acuerdo con la red en la que se trabaja.

- **Bloque Subida a Poste**

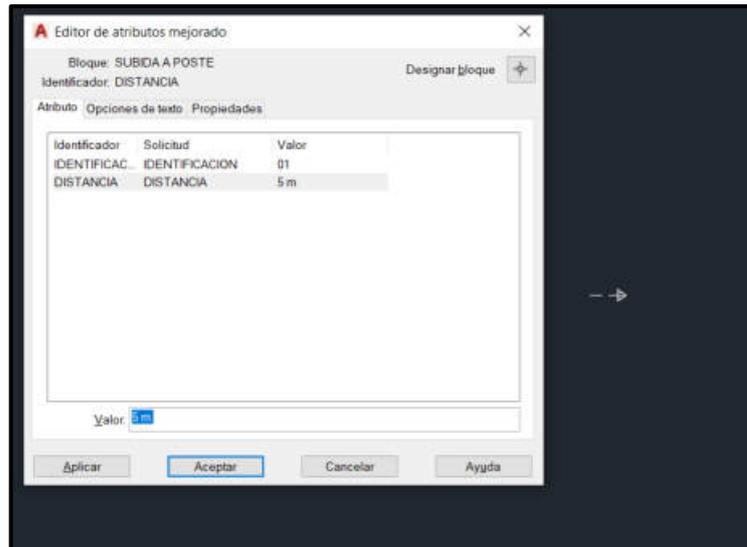


Figura 15-2. Bloque Subida a poste.

Realizado por: Danny León V, 2021

En la Figura 15-2 se observa un símbolo sencillo el cual adquirió dos atributos como la identificación y la distancia, esta es la que se encuentra hasta llegar a la altura del poste.

- **Bloque Manga**

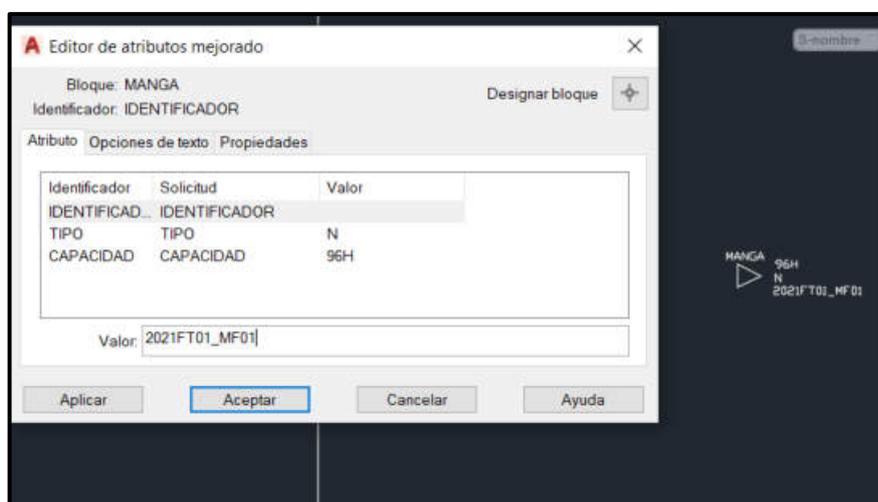


Figura 16-2. Bloque Manga

Realizado por: Danny León V, 2021

En la Figura 16-2 se nombra las siguientes variables como: identificador el cual estuvo relacionada con el nombre de la central, la red y si es de tipo fusión o mecánica se asignó 2021.FT01.MF01, y el siguiente identificador es la capacidad de hilos que llegó a la manga en este caso 96H.

- **Bloque Splitter**

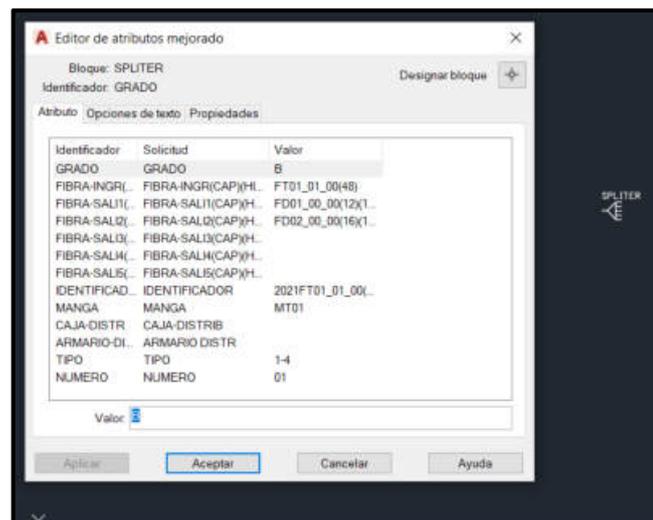


Figura 17-2. Bloque Splitter

Realizado por: Danny León V, 2021

En la Figura 17-2 se observa en primer lugar el grado de splitter en este caso se tomó uno de grado B, La fibra de ingreso siendo aún la fibra troncal de tal forma denominada FT01_01_00(48), y las fibras de salida son las de distribución, en identificador se ubicó el nombre de la OLT seguido de la nomenclatura del feeder que ingresó en el splitter, después la manga asociada a este, En la variable tipo de splitter la configuración pudo ser de 1-4, 1-8, 1-16, 1-32, 1-64, 1-128.

- **Bloque Caja de Distribución**

En la Figura 18-2 se aprecia las variables de las cajas de distribución en la primera variable llamada número se les asignó un código alfanumérico desde A1 hasta A4, B1 hasta B4 y así hasta completar las NAPS que se obtuvo; cabe recalcar que la NAP más lejana corresponde a A1 y la NAP más cercana vendría a ser la última.

La fibra de salida corresponde a la red de dispersión, la capacidad de acuerdo la NAP, el modelo y el identificador como: 2021.FT01_MT01_A1 en el cual se nombró el nombre de la OLT. El feeder que está llegó a la NAP, la manga troncal y el numero de la NAP.

La variable de presupuesto óptico se obtuvo de todas las pérdidas del enlace, así como el valor de ORL el cual está definido por ITU G.984 con un valor mínimo de 32 dB.

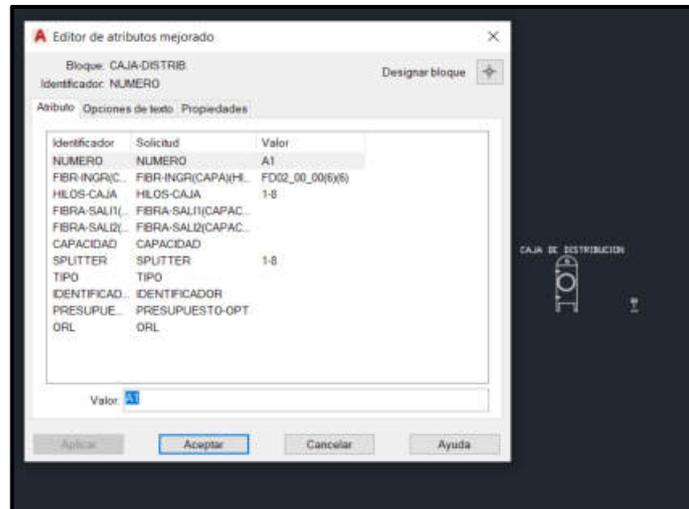


Figura 18-2. Bloque Caja de Distribución

Realizado por: Danny León V, 2021

- **Bloque ONT**

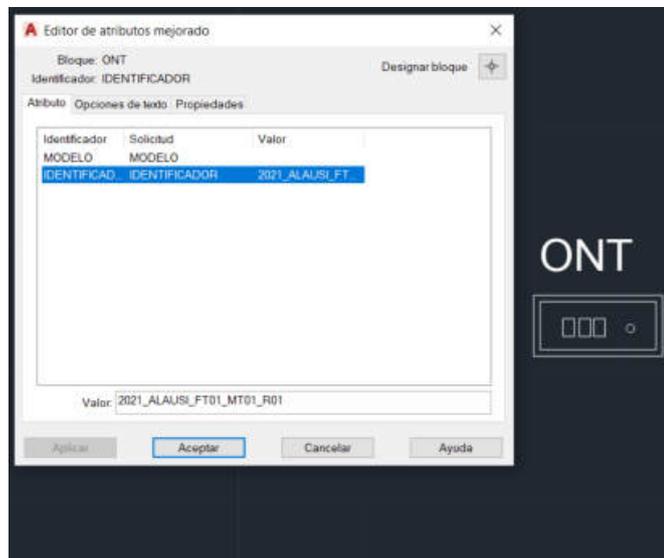


Figura 19-2. Bloque ONT.

Realizado por: Danny León V, 2021

En el final de la red se colocó el terminal de usuario (ONT) como se muestra Figura 19-2, el modelo de la ONT y el identificador en este caso se asignó el identificador de la central 2021_Alausi, seguido del número de fibra troncal (FT01), la manga principal a la que pertenece (M01), caja de distribución de la fibra del cliente (A1), y por último el puerto que ocupó el cable en la NAP (R01).

2.3.6 Diseño de la Topología de la Red

Para esta red de fibra óptica se optó por una arquitectura punto a multipunto, esta es más conocida como la topología tipo árbol, es utilizada en la actualidad debido a que para redes FTTH es de bajo costo y ofrece una gran calidad de servicio al usuario final.

Como se observa en la Figura 20-2 el punto de partida es la OLT, hacia el splitter primario, posteriormente al splitter secundario. Los splitter se encuentran de 1xN; donde N toma el valor de 2,4,8,16,32,64, y por último hacia el usuario final llamado ONT.

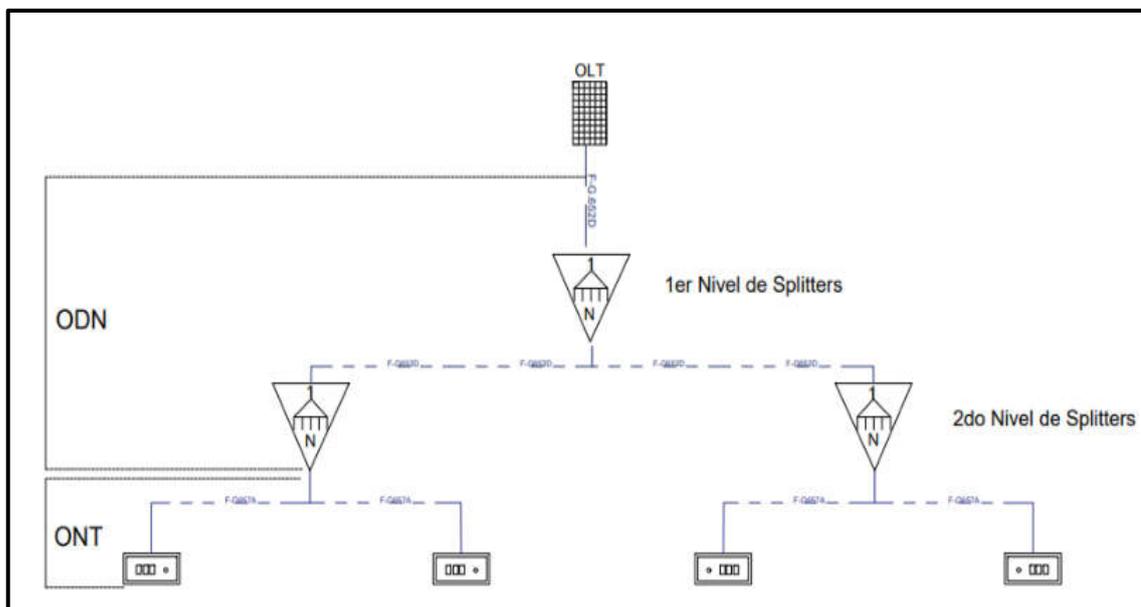


Figura 20-2. Topología de la Red de Fibra Óptica

Realizado por: Danny León V, 2021

2.3.7 Servicio de voz video y datos

Para determinar el ancho de banda requerido para el servicio de voz video y datos se verificó la capacidad de estos, es decir cuál es el ancho de banda requerido. En la tabla 11-2 se describe más a detalle cada uno de los servicios.

Tabla 11-2: Ancho de banda Requerido para voz video y datos.

Servicios		Ancho de Banda Requerido
Telefonía	Digital	64kbps (0,064Mbps)
Datos	Internet	3Mbps
Televisión	HDTV	8Mbps
	SDTV	2Mbps
Total		13,064Mbps

Realizado por: Danny León V, 2021

En la Tabla 11-2 se determinó que se necesita un total de 13.064 Mbps para ofrecer un buen servicio a los usuarios finales.

2.3.8 Ancho de Banda de la red FTTH

Una vez establecido el ancho de banda requerido se realizó el cálculo para determinar que el diseño cubra las necesidades de los clientes como se muestra en la Ecuación 4-2. El ancho de banda según la tecnología GPON para downstream es de 2.5 Gbps y para upstream es de 1.25Gbps. Por lo que el primer nivel de splitter es de 1:4, y el segundo nivel de splitter de 1:16.

$$AB = AB(GPON) \times NIVEL\ SPLITTER$$

Ecuación 4-2: Ancho de banda

- Donde:
- AB es el ancho de banda final
- $AB(GPON)$ ancho de banda según la tecnología GPON.
- $NIVEL\ SPLITTER$ correspondencia de splitter.

Para downstream:

En la Ecuación 5-2 se procedió al cálculo del ancho de banda para el primer nivel de splitter:

$$AB = 2.5Gbps \times \frac{1}{4}$$

Ecuación 5-2: Ancho de banda primer nivel de splitter en downstream

$$AB = 625\ Mbps$$

En la Ecuación 6-2 se procedió al cálculo del ancho de banda para el segundo nivel de splitter:

$$AB = 625 \text{ Mbps} \times \frac{1}{16}$$

Ecuación 6-2: Ancho de banda segundo nivel de splitter en downstream

$$AB = 39.06 \text{ Mbps}$$

Para upstream

En la Ecuación 7-2 se procedió al cálculo del ancho de banda para el primer nivel de splitter en upstream:

$$AB = 1.25 \text{ Gbps} \times \frac{1}{4}$$

Ecuación 7-2: Ancho de banda primer nivel en upstream

$$AB = 312.5 \text{ Mbps}$$

En la Ecuación 8-2 se procedió al cálculo del ancho de banda para el segundo nivel de splitter en upstream:

$$AB = 312.5 \text{ Mbps} \times \frac{1}{16}$$

Ecuación 8-2: Ancho de banda segundo nivel en upstream

$$AB = 19.53 \text{ Mbps}$$

De acuerdo con la Ecuación 6-2 y la Ecuación 8-2 mencionadas se pudo determinar que en downstream se tiene un ancho de banda final de 39.06 Mbps y para upstream 19.53 Mbps, que es mayor al ancho de banda requerido de 13.06 Mbps.

2.3.9 OLT

Denominado Terminal de línea óptico (OLT), es un equipo activo, primordial para el diseño de red de fibra óptica ya que a través de este gestiona los servicios y tráfico que genera el cliente. Se encuentra ubicado en las calles Simón Bolívar y 9 de octubre en la zona urbana de la ciudad de Alausí de forma que abastece a todo el sector que cuenta con lugares domiciliarios, comerciales y corporativos que son los clientes potenciales.

En la Figura 21-2 el equipo OLT se denominó 2021_ALAUSI que se ubicó en la latitud 2°12'12.66"Sur y longitud 78°50'43.81"Oste, en donde se cuenta con una infraestructura óptima para abarcar a todos los posibles y futuros clientes.



Figura 21-2. Ubicación OLT.

Realizado por: Danny León V, 2021

2.3.10 ODF

El ODF se ubicó en la Planta Interna de la red el cual es un elemento pasivo, encargado de repartir las diferentes líneas ópticas permitiendo la facilidad de interconexión de los cables a la red feeder. Existen 2 tipos de Patcheo Frontal, en el cual el cableado no queda dan ordenado como se observa en la Figura 22-2 y de Patcheo Lateral.

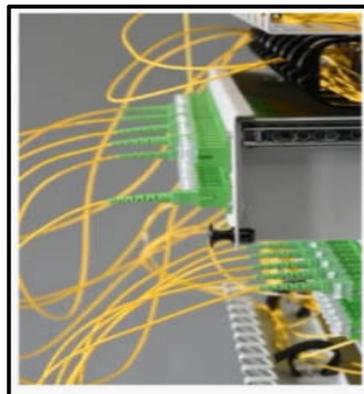


Figura 22-2. Patcheo Frontal

Realizado por: Danny León V, 2021

En el Patcheo Lateral el cableado de la red se ve de forma más estética, ya que entran por un costado del ODF, que entran a bandejas ya debidamente pre conectorizadas y determinadas por un orden, ayudando a realizar de mejor forma a un mantenimiento preventivo y correctivo como se observa en la Figura 23-2.



Figura 23-2. Patcheo Lateral

Realizado por: Danny León V, 2021

2.3.11 Rack interior y exterior

Es el elemento donde se colocan tanto elementos activos y pasivos de la red como se observa en la Figura 23-2, la capacidad de los diferentes elementos que se coloquen se mide en unidades de rack siendo de 6-9-12-24-36. Existen de dos tipos abiertos y cerrados, siendo los más recomendables los de tipo cerrado ya que tendrán acceso solo personal autorizado y calificado ofreciendo mayor seguridad al momento de manipular los diferentes componentes de la red.

La diferencia entre rack de planta interna con el de la externa es su posición con respecto a la red, y a su vez el rack de planta externa que alberga los cables principales de fibra óptica.

2.3.12 Red Feeder

Para el diseño de la red de fibra óptica hacia el hogar se tomó en cuenta las diferentes zonas mencionadas de acuerdo con el número de manzanas y reservas de cable para posibles mantenimientos e incremento de usuarios.



Figura 25-2. Ubicación de las Mangas

Realizado por: Danny León V, 2021

Como se observa en la figura 25-2 las diferentes mangas se encuentran en toda la calle 9 de octubre estas están ubicadas en los postes de la infraestructura actual de la red ya instalada, para las diferentes zonas siendo estos lugares estratégicos.

Para realizar el cálculo de los splitter a utilizar en el primer nivel se procedió a la Ecuación 9-2.

$$\text{Splitters primarios} = \left(\frac{\text{Numero usuarios por zona}}{\text{total de division splitters}} \right)$$

Ecuación 9-2: Cantidad de splitter primarios

En la siguiente Tabla 13-2 se encuentra el número de splitter primarios que se tiene para cada zona, cabe recalcar que se procedió al inmediato superior en caso de que la respuesta sea decimal.

Tabla 13-2: Calculo de splitters primarios

Zonas	$\frac{\text{Numero usuarios por zona}}{\text{total de division splitters}}$	Splitters primarios
Zona I	223/64	4
Zona II	122/64	2
Zona III	185/64	3
Zona IV	188/64	3

Realizado por: Danny León V, 2021

- **ZONA I**

En la manga MT01 ubicado en el poste 03 (P01), se ingresó los hilos del primer buffer de la red troncal, siendo el FT01_00_00 (96) (1..12), donde están activos 4 hilos y los demás son para la

reserva en caso de un mantenimiento correctivo, de este se realizó una primera derivación FT01_01_00 (12) (1..4).

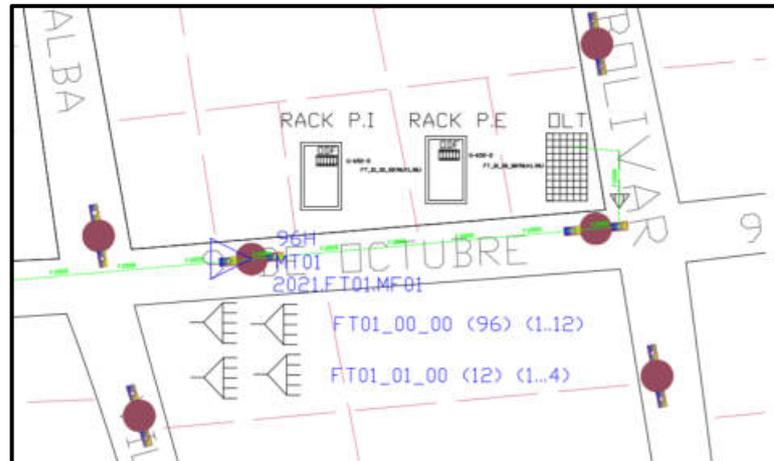


Figura 26-2. Manga Troncal 01

Realizado por: Danny León V, 2021

Como se muestra en la Figura 26-2 la MT01, se contó con 4 splitter es decir que se ingresa con 4 hilos activos de fibra del primer buffer.

- **ZONA II**

La manga MT02 ubicado en el primer poste 04 (P0), se ingresó los hilos del segundo buffer de la red troncal, siendo el FT01_00_00 (96) (13..24), donde están activos 2 hilos y los demás son usados para la reserva en caso de un mantenimiento correctivo, de este se realizó una primera derivación FT01_01_00 (12) (1..2).

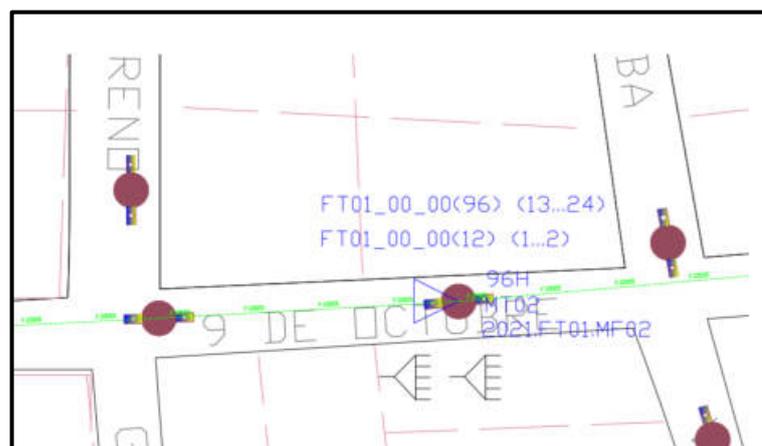


Figura 27-2. Manga Troncal 02

Realizado por: Danny León V, 2021

Como se observa en la figura 27-2, se ubicó 2 splitter en el nivel primario para esta zona, es utilizado el segundo buffer para alimentar a cada uno de estos.

- **ZONA III**

La manga MT02 ubicado en el primer poste 06 (P06), se colocó los hilos del tercer buffer de la red troncal, siendo el FT01_00_00 (96) (25..36), donde están activos 3 hilos y los demás son usados para la reserva en caso de un mantenimiento correctivo, de este se realizó una primera derivación FT01_01_00 (12) (1..3).

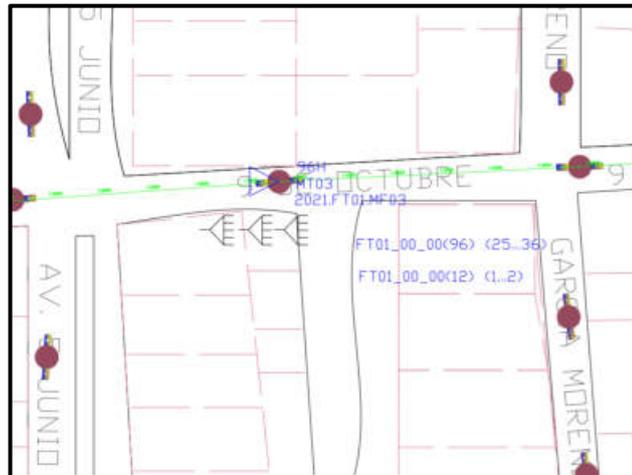


Figura 28-2. Manga Troncal 03

Realizado por: Danny León V, 2021

Como se observa en la figura 28-2, se ubicó 3 splitter en el nivel primario para esta zona, es utilizado el tercer buffer para alimentar a cada uno de estos.

- **ZONA IV**

La manga MT02 ubicado en el primer poste 08 (P08), se colocó los hilos del tercer buffer de la red troncal, siendo el FT01_00_00 (96) (37..48), donde están activos 3 hilos y los demás son usados para la reserva en caso de un mantenimiento correctivo, de este se realizó una primera derivación FT01_01_00 (12) (1..3).

Para cada zona se utilizó diferentes códigos alfanuméricos, empezando desde la NAP más lejana, los códigos son en secuencia hasta llegar a la NAP más cercana.

Para conocer las NAPs que se utilizó en cada zona se procedió al cálculo de la Ecuación 10-2:

$$\text{Numero total NAPs} = \left(\frac{\text{numero de usuarios por zona}}{\text{division del segundo nivel}} \right)$$

Ecuación 10-2: Número total de NAPs.

Tabla 14-2: Número total de NAPs por zona

Zonas	$\frac{\text{numero de usuarios por zona}}{\text{division del segundo nivel}}$	Numero Naps
Zona I	223/16	14
Zona II	122/16	8
Zona III	185/16	12
Zona IV	188/16	12

Realizado por: Danny León V, 2021

En la tabla 14-2 se observa el cálculo de cada zona con el número total de NAPs que se utilizó en nuestro diseño de red FTTH.

- ZONA I**

En la Figura 31-2 se posiciono las 14 NAPs las cuales poseen cada una de estas su código alfanumérico empieza desde la A1, hasta la D2 que es la más cercana a la manga (MT01).

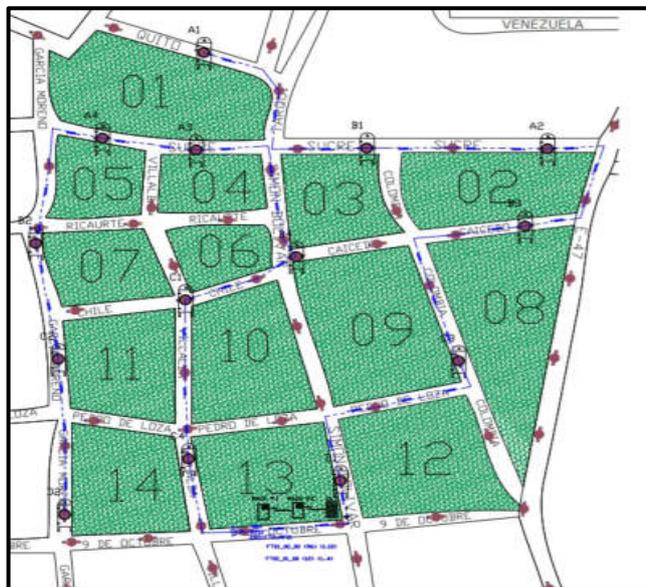


Figura 31-2. Red de distribución zona I

Realizado por: Danny León V, 2021

Para la red de distribución se ha utilizado dos buffers cada uno de estos con 12 hilos obteniendo las nomenclaturas:

FD01_00_00 (12) (1..7).

FD02_00_00 (12) (1..7).

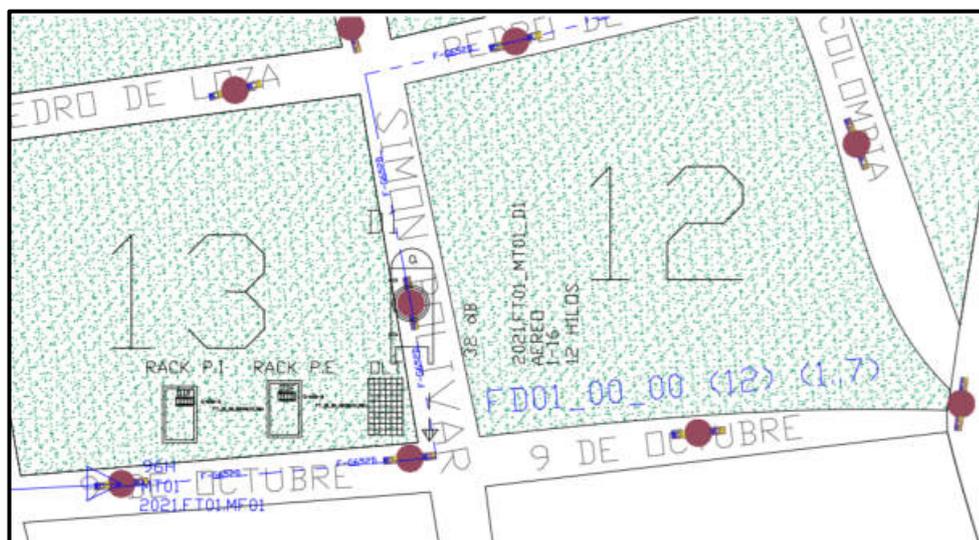


Figura 32-2. Caja de Distribución D1.

Realizado por: Danny León V, 2021

Como se observa en la Figura 32-2 la red de distribución que alimenta a la NAP D1 es la FD01_00_00 (12) (1..7).

Editor de atributos mejorado

Bloque: CAJA-DISTRIB
 Identificador: FIBR-INGR(CAPA)(HILOS-ACT)

Atributo Opciones de texto Propiedades

Identificador	Solicitud	Valor
NUMERO	NUMERO	D1
FIBR-INGR(C...	FIBR-INGR(CAPA)(HI...	FD01_00_00 (12) (1..12)
HILOS-CAJA	HILOS-CAJA	1
FIBRA-SAL1(...	FIBRA-SAL1(CAPAC...	FD01_00_00 (12) (2..7)
FIBRA-SAL2(...	FIBRA-SAL2(CAPAC...	
CAPACIDAD	CAPACIDAD	12 HILOS
SPLITTER	SPLITTER	1-16
TIPO	TIPO	AEREO
IDENTIFICAD...	IDENTIFICADOR	2021.FT01.MT01.D1
PRESUPUE...	PRESUPUESTO-OPT	
ORL	ORL	32 dB

Valor: FD01_00_00 (12) (1..7)

Aplicar Aceptar Cancelar Ayuda

Figura 33-2. Atributos de la Caja de distribución D1

Realizado por: Danny León V, 2021

En la Figura 33-2 la fibra de distribución que ingresa es al FD01_00_00 (12) (1..12), los hilos activos que se tiene en este caso es uno y los demás son los hilos de salida como se indica FD01_00_00 (12) (2..12), en esta se cuenta con los splitters 1:16 es decir con el segundo nivel de splitteo.

- **ZONA II**

En la Figura 34-2 se posiciono las 8 NAPs las cuales poseen cada una de estas su código alfanumérico empieza desde la A1, hasta la B4 que es la más cercana a la manga (MT02).



Figura 34-2. Red de Distribución zona II.

Realizado por: Danny León V, 2021

Para la red de distribución se ha utilizado dos buffers cada uno de estos con 12 hilos obteniendo las nomenclaturas:

FD01_00_00 (12) (1..4).

FD02_00_00 (12) (1..4).

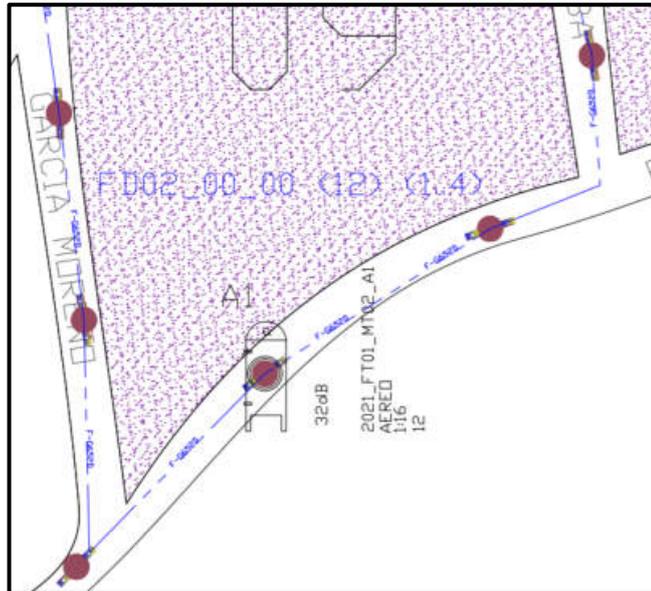


Figura 35-2. Caja de Distribución A1.

Realizado por: Danny León V, 202

En la Figura 35-2 se detalla la red de distribución que alimenta a la NAP A1 es la FD02_00_00 (12) (1..4).

Atributo	Opciones de texto	Propiedades
Identificador	Solicitud	Valor
NUMERO	NUMERO	A1
FIBR-INGR(C...	FIBR-INGR(CAPA)(HI...	FD02_00_00 (12) (1..4)
HILOS-CAJA	HILOS-CAJA	1
FIBRA-SALI1(...	FIBRA-SALI1(CAPAC...	FD02_00_00 (12) (2..4)
FIBRA-SALI2(...	FIBRA-SALI2(CAPAC...	
CAPACIDAD	CAPACIDAD	12
SPLITTER	SPLITTER	1:16
TIPO	TIPO	AEREO
IDENTIFICAD...	IDENTIFICADOR	2021_FT01_MT02_A1
PRESUPUE...	PRESUPUESTO-OPT	
ORL	ORL	32dB

Valor: A1

Figura 36-2. Atributos de la Caja de distribución A1

Realizado por: Danny León V, 2021

Como se observa en la Figura 36-2 posee las diferentes propiedades de acuerdo con su bloque. La fibra de distribución que ingresa es al FD02_00_00 (12) (1..4), los hilos activos que se tiene en este caso es uno y los demás son los hilos de salida como se indica FD02_00_00 (12) (2..4), en se cuenta con los splitters 1:16 es decir con el segundo nivel de splitteo.

- **ZONA III**

En la Figura 37-2 se posiciono las 12 NAPs cada una de estas con su código alfanumérico que empieza desde la A1, hasta la C4 siendo la más cercana a la manga (MT03).

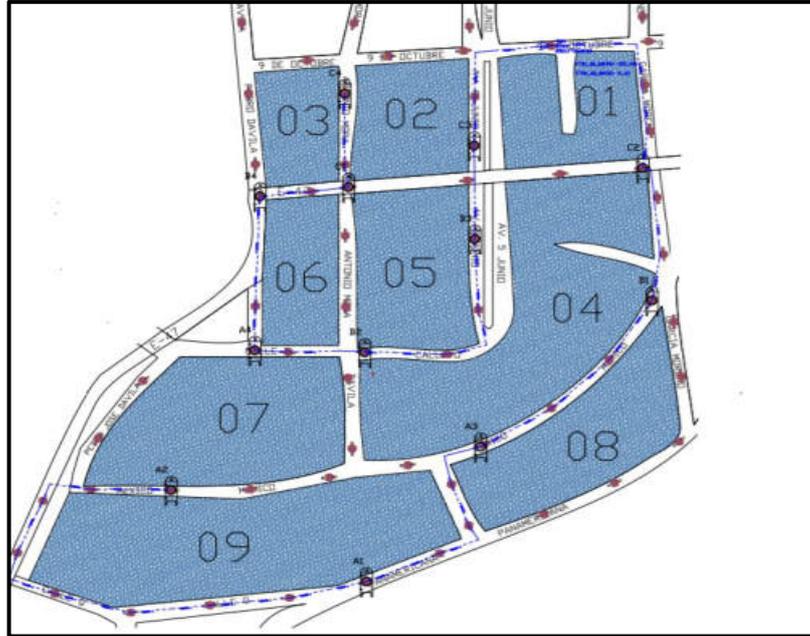


Figura 37-2. Red de distribución de la zona III.

Realizado por: Danny León V, 2021

Para la red de distribución se ha utilizado dos buffers cada uno de estos con 12 hilos obteniendo las nomenclaturas:

FD01_00_00 (12) (1..5).

FD02_00_00 (12) (1..7).

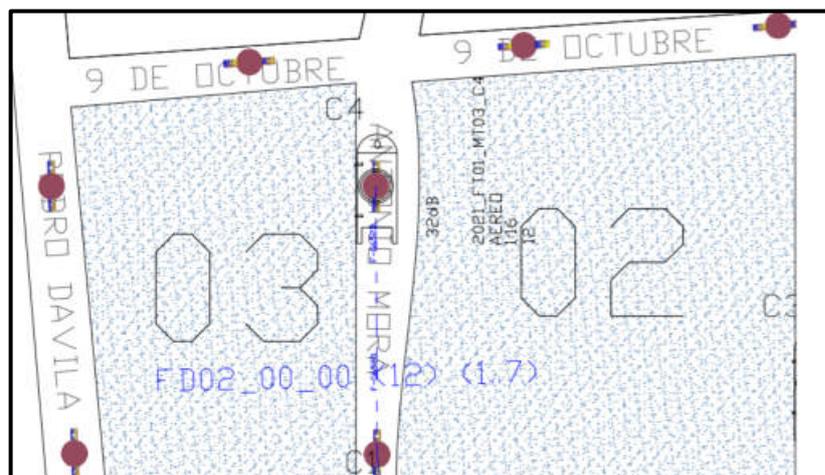


Figura 38-2. Caja de Distribución A1.

Realizado por: Danny León V, 2021

Como se observa en la Figura 38-2 la red de distribución que alimenta a la NAP C4 es la FD02_00_00 (12) (7..7), teniendo en cuenta las propiedades de acuerdo a su bloque como se indica en la Figura 39-2; se puede recalcar que como esta es la última caja de distribución en ser alimentada, ya no tiene fibra de salida.

Atributo	Opciones de texto	Propiedades	Valor
Identificador	NUMERO		C4
FIBR-INGR(C...	FIBR-INGR(CAPA)(HI...		FD02_00_00 (12) (7..7)
HILOS-CAJA	HILOS-CAJA		1
FIBRA-SAL1(...	FIBRA-SAL1(CAPAC...		
FIBRA-SAL2(...	FIBRA-SAL2(CAPAC...		
CAPACIDAD	CAPACIDAD		12
SPLITTER	SPLITTER		1:16
TIPO	TIPO		AEREO
IDENTIFICAD...	IDENTIFICADOR		2021_FT01_MT03_C4
PRESUPUE...	PRESUPUESTO-OPT		
ORL	ORL		32dB

Figura 39-2. Atributos de la Caja de distribución C4

Realizado por: Danny León V, 2021

- **ZONA IV**

En la zona IV se posiciono las 12 NAPs detalladas en la Figura 40-2 las cuales poseen cada una de estas su código alfanumérico empieza desde la A1, hasta la C4 que es la más cercana a la manga (MT03).

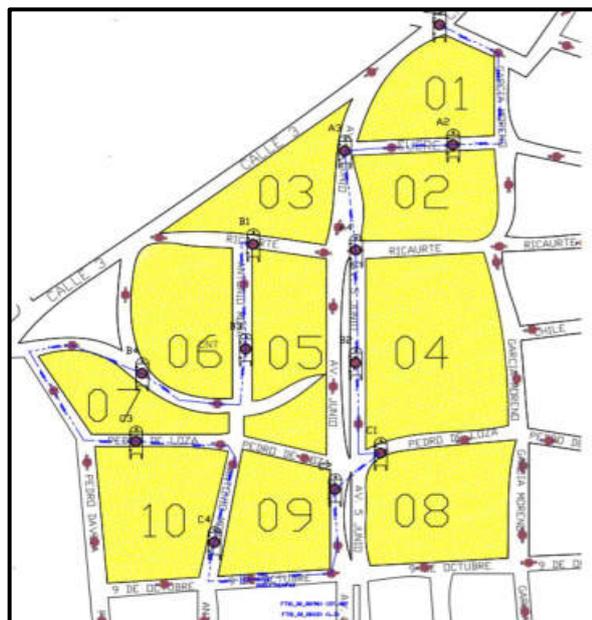


Figura 40-2. Red de distribución zona IV.

Realizado por: Danny León V, 2021

Para la red de distribución se ha utilizado dos buffers cada uno de estos con 12 hilos obteniendo las nomenclaturas:

FD01_00_00 (12) (1..7).

FD02_00_00 (12) (1..5).

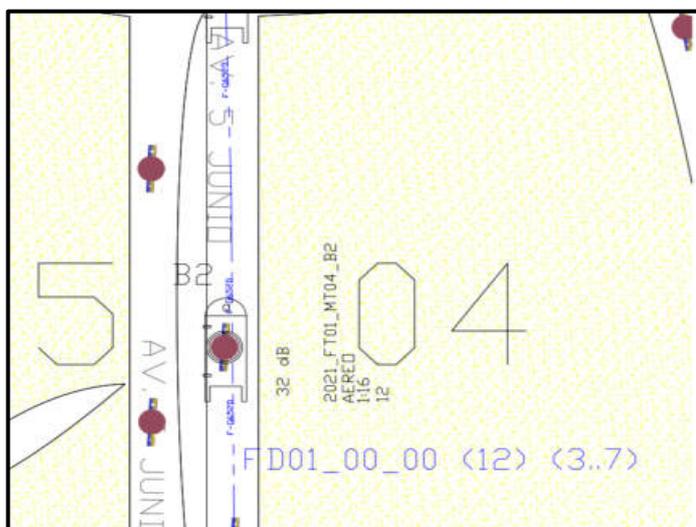


Figura 41-2. Caja de Distribución A1.

Realizado por: Danny León V, 2021

Como se observa en la Figura 41-2 la red de distribución que alimenta a la NAP A1 es la FD01_00_00 (12) (3..7).

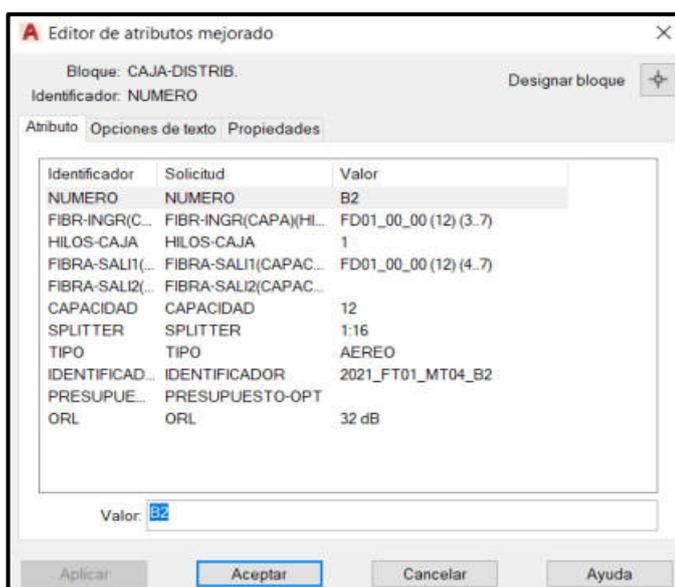


Figura 42-2. Atributos de la Caja de distribución C4

Realizado por: Danny León V, 2021

En la Figura 42-2 se da a conocer los atributos entre los cuales se tiene el identificador en este caso el 2021_FT01_MT04_B2 es decir se partió desde la OLT 2021 luego la fibra troncal FT01, viene desde la Manga Troncal MT04 hasta llegar a la caja de distribución B2.

2.3.14 Red de Dispersión

Para la zona urbana de la ciudad de Alausí se ha conectado las diferentes NAPs hasta la ONT, cada splitter ubicado en la caja de distribución puede dotar de servicios hasta 16 usuarios.

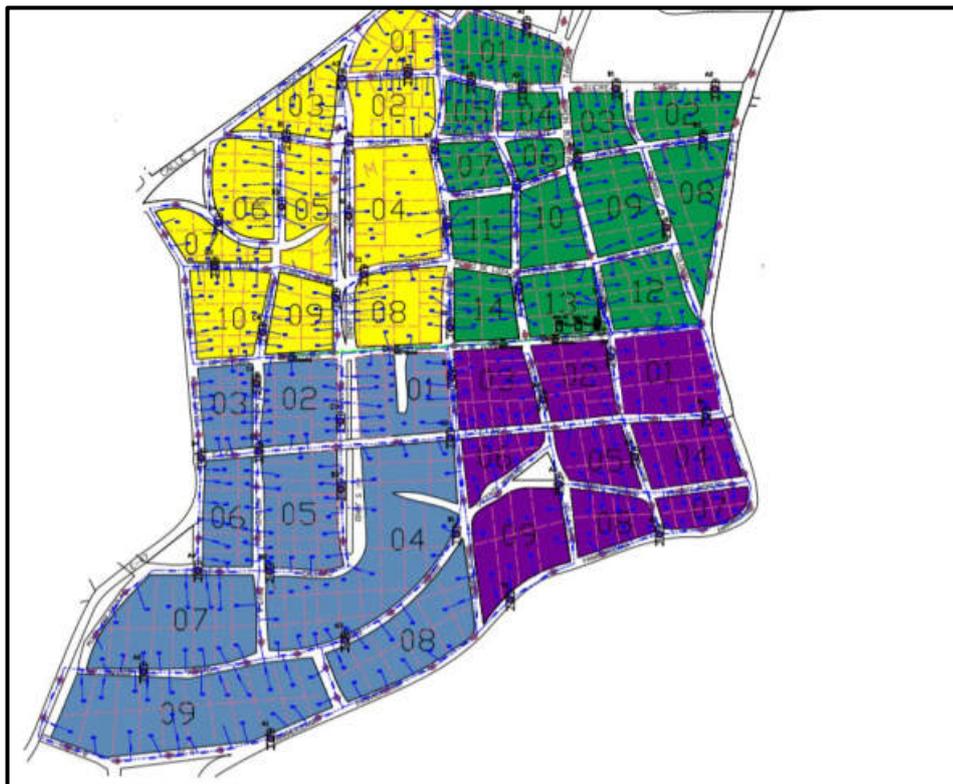


Figura 43-2. Red de dispersión

Realizado por: Danny León V, 2021

En la figura 43-2 se muestra la red de dispersión de las 4 zonas la cual abastece a los 718 usuarios finales los cuales tienen una red convergente hacia las futuras tecnologías GPON.

2.3.15 Selección Elementos Activos y Pasivos

Para la selección de los diferentes elementos de la red FTTH se basó en las diferentes características que poseen estos para que se pueda ofrecer un buen servicio al usuario final y que este no tenga ningún inconveniente en la transmisión de voz, datos y videos.

Tabla 15-2: Características de la OLT.

Equipo	SMART OLT
Categoría GPON	Class B+ and Class C+
Longitud de onda operativa	Tx: 1550nm Rx:1310nm
Tipo de encapsulación	SFP
Tazas de velocidades	Tx: 2.49 Gbps Rx: 1.25Gbps
Potencia óptica de salida máxima	7 dBm
Sensibilidad máxima del receptor	-32 dBm
Tipo de conector	SC/PC
Fibra Óptica	Monomodo
Relación de división	Min:16 Max:128 Sugerida: 64
Distancia	20 Km
Precio	\$3947.00

Realizado por: Danny León V, 2021

Como se muestra en la Tabla 15-2 se ha elegido el equipo SMART OLT, ya que ofrece mejores características y el costo de este es aún más bajo que los de otras marcas.

Tabla 16-2: Características de la ONU.

Equipo	WEAVE ACCESS 4032
Categoría GPON	GPON Class C+
Longitud de onda operativa	Tx: 1310nm Rx:1550nm
Tazas de velocidades	Tx: 2.488 Gbps Rx: 1.244Gbps
Potencia óptica de salida mínima	0.5 dBm
Potencia óptica de salida máxima	5 – 7 dBm
Tipo de conector	SC/APC
Fibra Óptica	Monomodo
Distancia	20 Km
Precio	\$51

Realizado por: Danny León V, 2021

Para el diseño se ocupó un equipo WEAVE ACCESS como se observa en la Tabla 16-2 el cual trabaja con fibra monomodo, especialmente para redes FTTH.

Tabla 17-2: Características de la Fibra Óptica

Fibra Óptica	Red Feeder	Red de distribución	Red de dispersión
Normativa	G.652.D	G.652.D	G.657.A
Longitud de onda	1310nm a 1550nm	1310nm a 1550nm	1310nm a 1625nm
Perdidas / Km	0.35dB/Km 0.25dB/Km	0.35dB/Km 0.25dB/Km	0.35dB/Km 0.25dB/Km
Velocidad de transmisión	2.5Gbps, 10Gbps, 40Gbps	2.5Gbps, 10Gbps, 40Gbps	2.5Gbps, 10Gbps, 40Gbps
Numero de hilos	96	12	2

Realizado por: Danny León V, 2021

Como se observa en la Tabla 17-2 se pudo obtener una velocidad de transmisión de hasta 40Gbps en cada una de las fibras utilizadas por lo que se puede converger a futuras redes que llegan a velocidades de transmisión altas.

Tabla 18-2: Características de la Manga

Capacidad de hilos	12, 24, 48, 96, 144
Puertos	1 oval y 4 redondos
Tipo de Instalación	Aérea, canalizada
Método de sellado	Mecánico

Realizado por: Danny León V, 2021

En la Tabla 18-2 la manga es para una red de 96 hilos por lo que se escogió esta ya que ofrece mayor seguridad con su sellado y puede ser utilizada para tendido aéreo o subterráneo.

Tabla 19-2: Características de Splitter

Relación de división	1:4	1:16
Tipo de conector	SC/APC	SC/APC
Perdidas por inserción	3.5dB	14 dB

Realizado por: Danny León V, 2021

La red FTTH trabaja con splitter de 1:4 y de 1:16 que son los óptimos para el servicio que se ofertó, como se observa en la Tabla 19-2 se dispone para los tipos de conector SC y APC.

2.3.16 Presupuesto óptico

En el presupuesto óptico se estableció todos los elementos que se encuentran en la red FTTH.

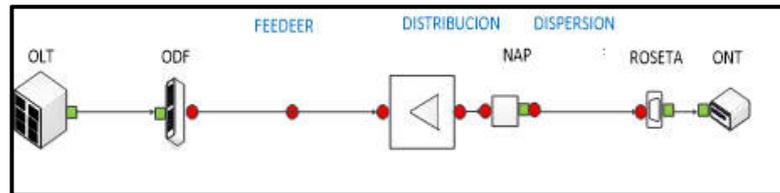


Figura 44-2. Modelo FTTH.

Realizado por: Danny León V, 2021

Para la realización del presupuesto óptico se procedió al cálculo de los diferentes elementos que contienen atenuación, en la Figura 44-2 se detalla que los círculos rojos son las fusiones y los cuadrados verdes se presentan como empalmes, así como de las distancias de la fibra hasta el usuario final.

2.3.16.1 Distancia del usuario más cercano y más lejano Zona 1.

- **Usuario más cercano**

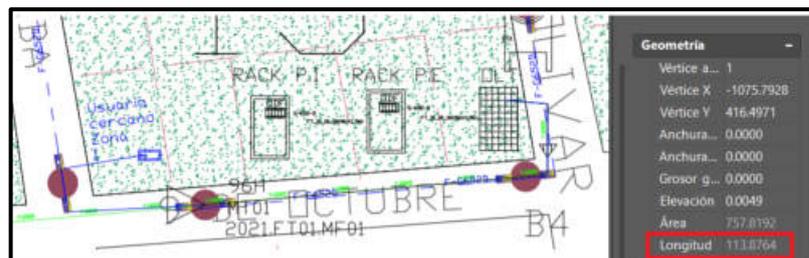


Figura 45-2. Distancia del usuario cercano de la zona I.

Realizado por: Danny León V, 2021

En la figura 45-2 se observó que la distancia de la red en metros para el usuario más cercano es de 113,88m. En la OLT se dejó una reserva de 15 metros para realizar algún mantenimiento correctivo, de igual forma en la manga se reservó 15 metros en la red FT01_00_00 (96) (1.4) y FT01_00_00 (12) (1.4), El valor final que se tomó se detalla en la Ecuación 11-2.

$$DF = (dr + (n * mr)) * 1.05$$

Ecuación 11-2: Distancia de la red para usuario más cercano Zona I.

$$DF = (113.88 + (3 * 15)) * 1.05$$

$$DF = 167 \text{ m.}$$

De la Ecuación 11-2 dada se tiene:

- DF es la distancia final
- dr es la distancia de la red
- nr es el numero de reservas que dispone la red a calcular
- mr son los metros de la reserva
- 1.05 es un valor constante que indica un factor de error en caso de que se realice alguna curvatura en la red en el momento de implementar.

Tabla 20-2 Presupuesto óptico del usuario más cercano de la zona I.

ELEMENTO		Cantidad	Atenuación típica Att(dB)	Total Att(dB)
Conectores (mated) ITU671=0.5dB		5	0,50	2,50
Empalmes de fusión ITU751=0.1db		7	0,10	0,70
Splitter	1x4	1	7,00	7,00
	1x16	1	14,00	14,00
Fibras longitudes de onda	1310nm	0,167	0,35	0,06
	1490nm		0,30	0,00
	1550nm		0,25	0,00
TOTAL (dB)				24,26

Realizado por: Danny León V, 2021

Como resultado de la Tabla 20-2 se obtuvo una pérdida del enlace del usuario más cercano de 24.26 dB con esto valor se procedió a calcular la potencia de recepción del enlace en la ONT.

Para el cálculo de la potencia hasta el usuario final se procede a aplicar la Ecuación 12-2:

$$P_{RX} = P_{TX} - L$$

Ecuación 12-2: Potencia de Recepción.

Donde:

P_{RX} : Potencia de recepción en la ONT

P_{TX} : Potencia de transmisión de la OLT

L : Pérdidas totales del enlace

$$P_{RX} = P_{TX} - L$$

$$P_{RX} = 7dBm - 24.26dB$$

$$P_{RX} = -17.26 dBm$$

- Usuario más lejano



Figura 46-2. Distancia del usuario más lejano de la zona I.

Realizado por: Danny León V, 2021

Como se observa en la figura 46-2 la distancia de la red en metros para el usuario más lejano es de 751.11 m, para el cálculo de la distancia total se tomó los parámetros ya definidos anteriormente y por la distancia se aumentó una reserva que se encuentra en la mitad del trayecto es decir en la NAP de la manzana 08. Se utilizó la Ecuación 11-2 para la distancia final.

$$DF = (751.11 + (4 * 15)) * 1.05$$

$$DF = 852 \text{ m}$$

Tabla 21-2: Presupuesto óptico del usuario más lejano de la zona I.

ELEMENTO		Cantidad	Atenuación típica Att(dB)	Total Att (dB)
Conectores (mated) ITU671=0.5dB		5	0,50	2,50
Empalmes de fusión ITU751=0.1db		7	0,10	0,70
Splitter		1	7,00	7,00
		1x16	14,00	14,00
Fibras longitudes de onda		1310nm	0,35	0,30
		1490nm	0,30	0,00
		1550nm	0,25	0,00
TOTAL (dB)				24,5

Realizado por: Danny León V, 2021

De igual forma con la Tabla 21-2 se procedió a calcular la Potencia de recepción de acuerdo con la Ecuación 12-2 y las pérdidas de 24.5 dB.

$$P_{RX} = P_{TX} - L$$

$$P_{RX} = 7dBm - 24.5dB$$

$$P_{RX} = -17.5 dBm$$

2.3.16.2 Distancia del usuario más cercano y más lejano Zona II

- **Usuario más cercano**

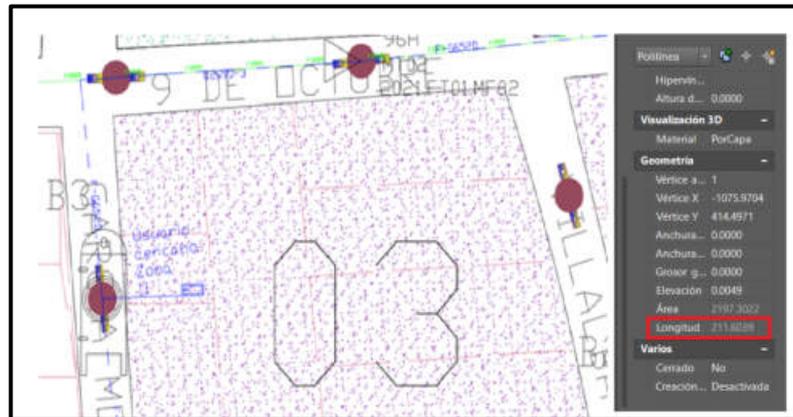


Figura 47-2. Distancia del usuario más cercano de la zona II.

Realizado por: Danny León V, 2021

En la figura 47-2 la distancia de la red para el usuario más cercano es de 211.6 metros, este resultado se tomó en cuenta en el presupuesto óptico, para las pérdidas de fibra por kilómetro, además de las reservas mediante la Ecuación 11-2.

$$DF = (211.6 + (3 * 15)) * 1.05$$

$$DF = 257 m$$

Tabla 22-2: Presupuesto óptico del usuario más cercano de la zona II.

ELEMENTO		Cantidad	Atenuación típica Att(dB)	Total Att(dB)
Conectores (mated) ITU671=0.5dB		5	0,50	2,50
Empalmes de fusión ITU751=0.1db		7	0,10	0,70
Splitter	1x4	1	7,00	7,00
	1x16	1	14,00	14,00
Fibras longitudes de onda	1310nm	0,257	0,35	0,09
	1490nm		0,30	0,00
	1550nm		0,25	0,00
TOTAL (dB)				24,29

Realizado por: Danny León V, 2021

En la Tabla 22-2 como resultado se obtuvo una pérdida del enlace del usuario más cercano de 24.29 dB con este valor se procedió a calcular de acuerdo con la Ecuación 12-2 la potencia de recepción del enlace en la ONT.

$$P_{RX} = P_{TX} - L$$

$$P_{RX} = 7dBm - 24.29 dB$$

$$P_{RX} = -17.29 dBm$$

- **Usuario más lejano**



Figura 48-2. Distancia del usuario más lejano de la zona II.

Realizado por: Danny León V, 2021

Como se observa en la Figura 48-2 la distancia para el usuario más lejano de la zona II es de 519.28 metros, para este caso se ubicó una reserva de 15 m en la manzana 05 y se calculó la distancia con la Ecuación 11-2.

$$DF = (519.28 + (4 * 15)) * 1.05$$

$$DF = 609 m$$

Tabla 23-2: Presupuesto óptico del usuario más lejano de la zona II.

ELEMENTO	Cantidad	Atenuación típica Att(dB)	Total Att(dB)
Conectores (mated) ITU671=0.5dB	5	0,50	2,50
Empalmes de fusión ITU751=0.1db	7	0,10	0,70
Splitter	1x4	1	7,00
	1x16	1	14,00
Fibras longitudes de onda	1310nm	0,609	0,35
	1490nm		0,30
	1550nm		0,25
TOTAL (dB)			24,4

Realizado por: Danny León V, 2021

Se procedió a calcular la Potencia de recepción como se muestra en la Tabla 23-2 de acuerdo con la Ecuación 12-2 y las pérdidas de 24.4 dB.

$$P_{RX} = P_{TX} - L$$

$$P_{RX} = 7dBm - 24.4dB$$

$$P_{RX} = -17.4 dBm$$

2.3.16.3 Distancia del usuario más cercano y lejano de la zona III.

- **Usuario más cercano**

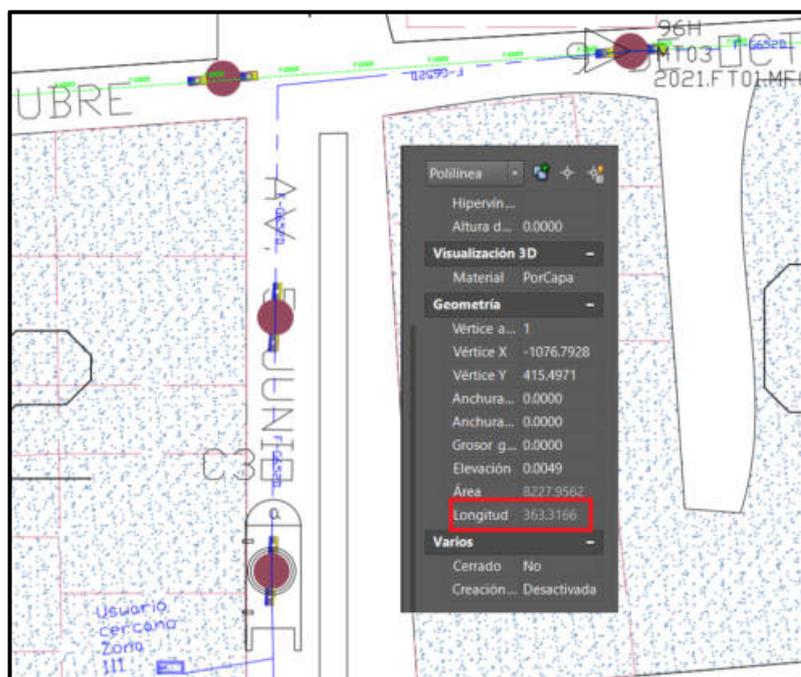


Figura 49-2. Distancia del usuario más cercano de la zona III.

Realizado por: Danny León V, 2021

En la figura 49-2 se observa que el usuario más cercano se encuentra en la NAP C3, la distancia de la red FTTH es de 363.31 m, hasta llegar a la ONT ubicada en la Av. 5 de junio y E-47 en la ciudad de Alausí. La distancia final se calculó con la Ecuación 11-2.

$$DF = (363.31 + (3 * 15)) * 1.05$$

$$DF = 429 m$$

Tabla 24-2: Presupuesto óptico del usuario más cercano de la zona III.

ELEMENTO		Cantidad	Atenuación típica Att(dB)	Total Att(dB)
Conectores (mated) ITU671=0.5dB		5	0,50	2,50
Empalmes de fusión ITU751=0.1db		7	0,10	0,70
Splitter		1x4	1	7,00
		1x16	1	14,00
Fibras longitudes de onda		1310nm	0,429	0,35
		1490nm		0,30
		1550nm		0,25
TOTAL (dB)				24,35

Realizado por: Danny León V, 2021

Como resultado de la Tabla 24-2 se obtuvo una pérdida del enlace del usuario más cercano de 24.35 dB con esto valor y con la Ecuación 12-2 se calculó la potencia de recepción del enlace en la ONT.

$$P_{RX} = P_{TX} - L$$

$$P_{RX} = 7dBm - 24.35dB$$

$$P_{RX} = -17.35 dBm$$

- **Usuario más lejano**

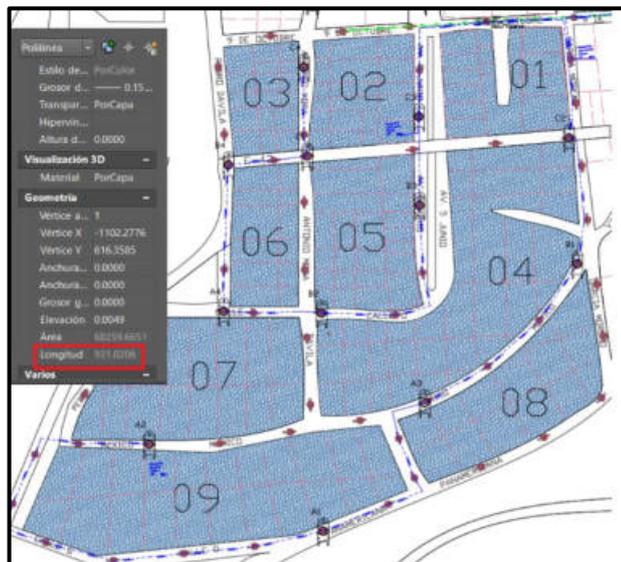


Figura 50-2. Distancia del usuario más lejano para la zona III.

Realizado por: Danny León V, 2021

La distancia de la red para el usuario más lejano de la zona III es de 931 metros detallado en la Figura 50-2, los cuales son tomados en cuenta para el presupuesto óptico, para lo cual se ha dejado una reserva en la NAP A3 ubicada en la manzana 08 en caso de algún mantenimiento de la red. Se procedió al cálculo con la Ecuación 11-2.

$$DF = (931 + (4 * 15)) * 1.05$$

$$DF = 1041 \text{ m}$$

Tabla 25-2: Presupuesto óptico del usuario más lejano

ELEMENTO		Cantidad	Atenuación típica Att(dB)	Total Att(dB)
Conectores (mated) ITU671=0.5dB		5	0,50	2,50
Empalmes de fusión ITU751=0.1db		7	0,10	0,70
Splitter	1x4	1	7,00	7,00
	1x16	1	14,00	14,00
Fibras longitudes de onda	1310nm	1.041	0,35	0,36
	1490nm		0,30	0,00
	1550nm		0,25	0,00
TOTAL (dB)				24,56

Realizado por: Danny León V, 2021

Para el cálculo con la Ecuación 12-2 y unas pérdidas por atenuaciones de 24.56 dB se obtiene:

$$P_{RX} = P_{TX} - L$$

$$P_{RX} = 7dBm - 24.56dB$$

$$P_{RX} = -17.56 dBm$$

2.3.16.4 Distancia del usuario más cercano y lejano de la zona IV.

- **Usuario más cercano**

En la Figura 51-2 se encuentra la distancia de la red del usuario más cercano en este caso es de 394 m. Para la distancia final se tiene la reserva de la OLT y de la manga. Con la Ecuación 11-2 se procedió al cálculo.

$$DF = (394 + (3 * 15)) * 1.05$$

$$DF = 461m$$

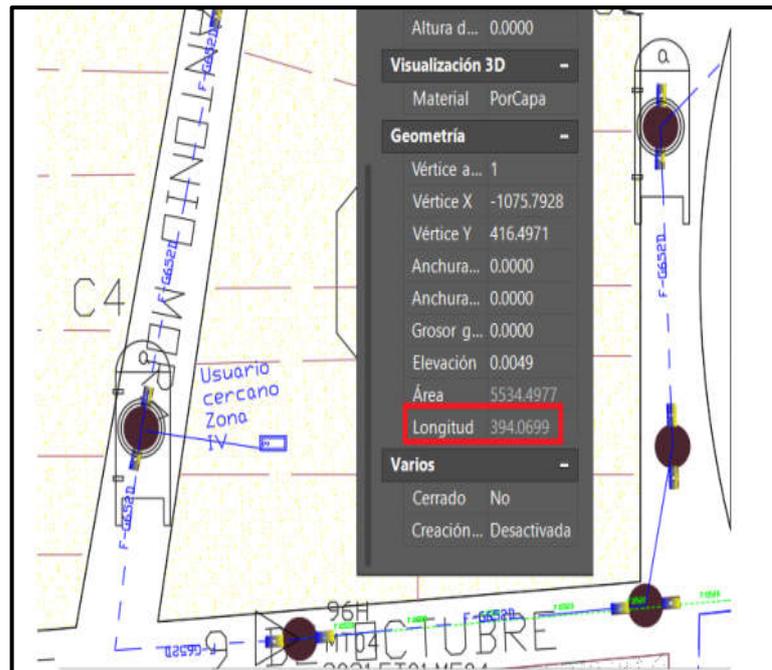


Figura 51-2. Distancia del usuario más cercano de la zona IV.

Realizado por: Danny León V, 202

De acuerdo con el presupuesto óptico dado en la Tabla 26-2 se obtuvo unas pérdidas de 24.36 dB.

Tabla 26-2: Presupuesto óptico del usuario más cercano.

ELEMENTO		Cantidad	Atenuación típica Att(dB)	Total Att(dB)
Conectores (mated) ITU671=0.5dB		5	0,50	2,50
Empalmes de fusión ITU751=0.1db		7	0,10	0,70
Splitter	1x4	1	7,00	7,00
	1x16	1	14,00	14,00
Fibras longitudes de onda	1310nm	0,461	0,35	0,16
	1490nm		0,30	0,00
	1550nm		0,25	0,00
TOTAL (dB)				24,36

Realizado por: Danny León V, 202

Se calculó la potencia de recepción con la Ecuación 12-2.

$$P_{RX} = P_{TX} - L$$

$$P_{RX} = 7dBm - 24.36dB$$

$$P_{RX} = -17.36 dBm$$

- Usuario más lejano



Figura 52-2. Distancia del usuario más lejano de la zona IV

Realizado por: Danny León V, 2021

La distancia entre el usuario más lejano es de 875.3 metros como se muestra en la Figura 52-2, para este caso se dejó una reserva de 15 m en la NAP B2 ubicada en la manzana 04, el valor se obtuvo con la Ecuación 11-2.

$$DF = (875.3 + (4 * 15)) * 1.05$$

$$DF = 980 \text{ m}$$

Tabla 27-2: Presupuesto óptico para el usuario más lejano.

ELEMENTO		Cantidad	Atenuación típica Att(dB)	Total Att(dB)
Conectores (mated) ITU671=0.5dB		5	0,50	2,50
Empalmes de fusión ITU751=0.1db		7	0,10	0,70
Splitter	1x4	1	7,00	7,00
	1x16	1	14,00	14,00
Fibras longitudes de onda	1310nm	0,980	0,35	0,34
	1490nm		0,30	0,00
	1550nm		0,25	0,00
TOTAL (dB)				24,54

Realizado por: Danny León V, 2021

En base al presupuesto óptico de la Tabla 27-2 se calculó unas pérdidas de 24.54 dB. Se procedió a calcular la potencia de recepción de acuerdo con la Ecuación 12-2.

$$P_{RX} = P_{TX} - L$$

$$P_{RX} = 7dBm - 24.54dB$$

$$P_{RX} = -17.54 dBm$$

2.3.17 Potencias de los usuarios más cercanos y lejanos.

Para observar las diferentes potencias de cada zona se indica la Tabla 28-2, en la cual se establece las distancias de los usuarios en cada zona así como de sus potencias recibidas hasta la ONT.

Tabla 28-2: Potencia de recepción en los casos críticos de la ciudad de Alausí.

ZONAS	Usuario más cercano		Usuario más lejano	
	Distancia	Potencia (dBm)	Distancia	Potencia (dBm)
ZONA I	0,167 km	-17,26	0,852 km	-17,5
ZONA II	0,257 km	-17,29	0,609 km	-17,4
ZONA III	0,429 km	-17,35	1,041 km	-17,56
ZONA IV	0,461 km	-17,36	0,980 km	-17,54

Realizado por: Danny León V, 2021

La distancia final menor es de 0.167 km con la que se obtuvo una potencia de recepción de -17,26 dB, mientras que para la distancia final mayor es de 0.980 km con la que se calculó una potencia de recepción de -17.54 dB, todos estos valores son los óptimos para la clase C+ del estándar ITU-T G984.2 el cual posee un rango de -17dB hasta -32 dB.

CAPITULO III

3. MARCO DE RESULTADOS

Para la simulación se utilizó el software OptiSystem, el cual brinda un entorno eficiente al momento de simular las redes FTTH con los diferentes parámetros tanto en la parte de los equipos activos como de los pasivos.

En el desarrollo de las simulaciones se realizó la red FTTH de los dos casos más críticos es decir el usuario más cercano y lejano de cada zona, en el cual se evaluó el desempeño de la red con el estándar ITU G984.X.

3.1 Simulación de la red diseñada

El software optisystem como se muestra en la Figura 1-3 es de la empresa canadiense optiwave, con una trayectoria de veinte y dos años diseñando software de simulación para la investigación en el área de electrónica y redes ópticas tiene un alto reconocimiento en el ámbito académico e investigativo a nivel mundial. El software optisystem en el presente proyecto se utilizó para simular la red de acceso Gpon para la zona urbana de la ciudad de Alausí con el fin de corroborar los datos calculados en el diseño.

En esta sección se pretende detallar los elementos utilizados en la Red y describir cómo se desarrolló la simulación paso a paso, asimismo analizar los resultados a partir de las gráficas que muestran los analizadores y visualizadores de la señal recibida, en las ONUs de los usuarios y en la OLT.



Figura 1-3. Software Optisystem

Fuente: OptiSystem

Optisystem es un software de diseño integral que permite a los usuarios realizar simulaciones de un diseño de fibra óptica con ciertas características, con el software se puede planificar, realizar pruebas de ensayo y error, simular enlaces ópticos en la capa de transmisión de las modernas redes ópticas.

Optisystem es un programa con una interfaz gráfica similar de la herramienta Matlab, como simulink que permite la simulación de sistemas amortiguados, sub-amortiguados y sobre amortiguados entre otros sistemas análogos y digitales. Permite realizar mezclas de ondas (2,3 hasta cuatro), se pueden observar fenómenos como la modulación cruzada de fase.

El entorno que esta herramienta proporciona la posibilidad de implementar nuevas tecnologías, como la técnica de acceso al medio por división de código óptico (OCDMA), además que entrega un entorno muy sólido para ejecutar desde diseños básicos hasta los más complejos y simular enlaces ópticos en la capa física de una variedad de redes ópticas pasivas.

Ventajas de OptiSystem:

- Este simulador tiene una biblioteca que incluye cientos de componentes a los que se les permite introducir los parámetros que pueden ser medidos en los dispositivos reales.
- Los usuarios pueden incorporar nuevos componentes e incluso interactuar con otras herramientas de simulación como el MATLAB o SPICE.
- Calcula señales utilizando algoritmos apropiados teniendo en cuenta la exactitud requerida de la simulación y la eficiencia.
- Es una completa suite de diseño de software, su entorno de diseño profesional permite simular tecnologías PON emergentes.
- La simulación permite a los usuarios planificar, probar y simular los enlaces ópticos en la capa física de una variedad de redes ópticas pasivas: BPON, EPON, GPON.

Las herramientas de análisis que posee el software son:

- Diagrama del ojo
- BER
- Diagrama de constelación
- Q-Factor
- Potencia de señal
- Ganancia, etc.

3.2 Desarrollo de la simulación.

Para la simulación de la red GPON para la ciudad de Alausí se utilizó el software OptiSystem 14.1 en modo de prueba, en la Figura 2-3 se presenta la interfaz de usuario y sus componentes principales.

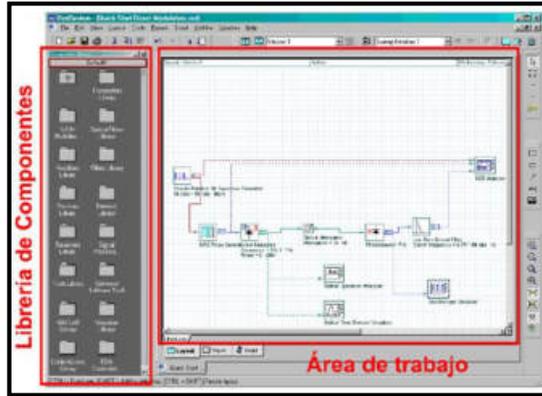


Figura 2-3. Interfaz de usuario.

Fuente: OptiSystem 14.1

En el presente diseño se creó subsistemas los que permiten crear componentes propios a partir de elementos básicos que proporciona el software, también son utilizados para efectivizar el espacio del área de trabajo. La red GPON para la ciudad de Alausí está formado por 3 subsistemas: El primer subsistema se diseñó para crear el equipo OLT, el segundo subsistema está compuesto por la Red de Distribución Óptica (ODN) y el tercer subsistema representa el equipo de recepción ONU, posteriormente se describe cada uno de ellos.

3.2.1 Descripción de la OLT

Para la creación de la OLT se usó dos transmisores ópticos WDM con dos longitudes diferentes una de 1490 y 1550 y un WDM Add encargado de unir estas dos señales. En el transmisor óptico WDM se debe tener en cuenta ciertos parámetros como Bit rate en el caso se colocó un valor de 1.2 Gbit/s, Power igual a 7 dBm, la Modulation fue de type: NRZ (no return to zero) y Transmitter type: EML (external modulated laser).

Por otra parte, el receptor está formado por un fotodiodo, que es el encargado de realizar la conversión óptica-eléctrica y de un filtro que se utiliza para eliminar frecuencias indeseables como ruido introducido por el fotodiodo además se utilizó un buffer selector el que almacena los datos conforme llegan a la OLT.

Al final se colocó un generador de señales y el analizador BER el que permite visualizar los datos recibidos y analizar la tasa de bits errados, adicionalmente se visualizó también el diagrama de ojo de la transmisión. Por último, como se observa en la figura 3-3 se colocó un Circulator

Bidireccional el que permite la unificación del transmisor y del receptor, para que sean enviadas a través de la fibra.

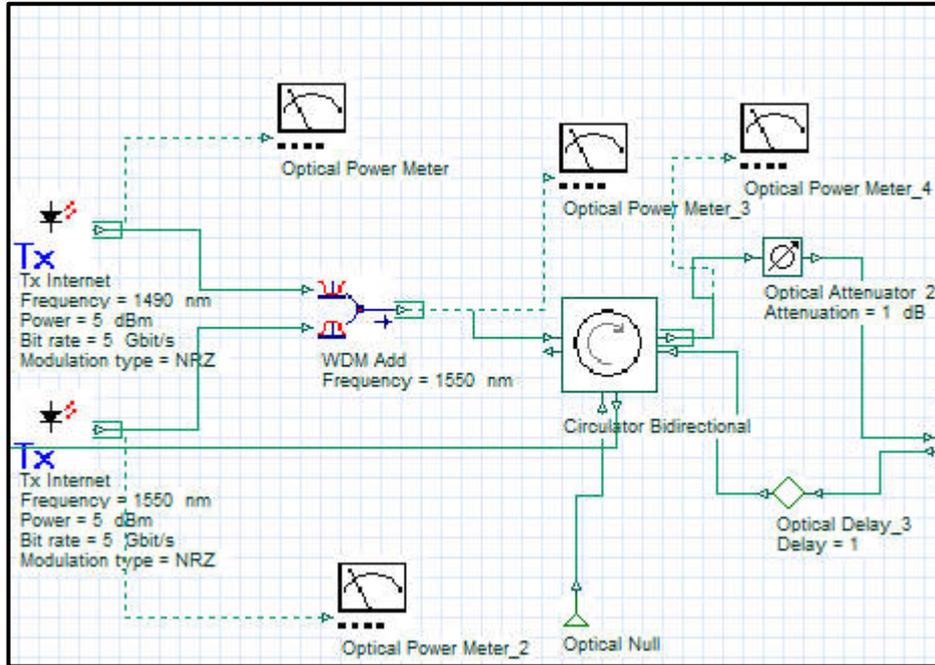


Figura 3-3. OLT en OptiSystem

Realizado por: Danny León V, 2021

3.2.2 Descripción de la Red de Distribución Óptica

Posteriormente se realizó la Red de Distribución Óptica formado por el enlace de la fibra y splitters usados en el diseño de la red donde se colocó medidores ópticos de potencia con el objetivo de analizar la potencia final recibida en el equipo receptor ONU, además del primer nivel de splitter de 1:4, en la Red de distribución de la misma manera se tiene la fibra bidireccional hasta llegar a el splitter en este caso 1:16, luego se complementó con la red de dispersión.

Para el caso de la fibra óptica se configuro la distancia, la longitud de onda de referencia en este caso se utilizó la ventana de 1310 nm ya que posee la atenuación más alta con respecto a las demás longitudes de onda con un valor de 0.35 dB. También se colocó en las entradas y salidas de la fibra óptica atenuadores para simular las pérdidas de conectores y fusiones como se observa en la Figura 4-3.

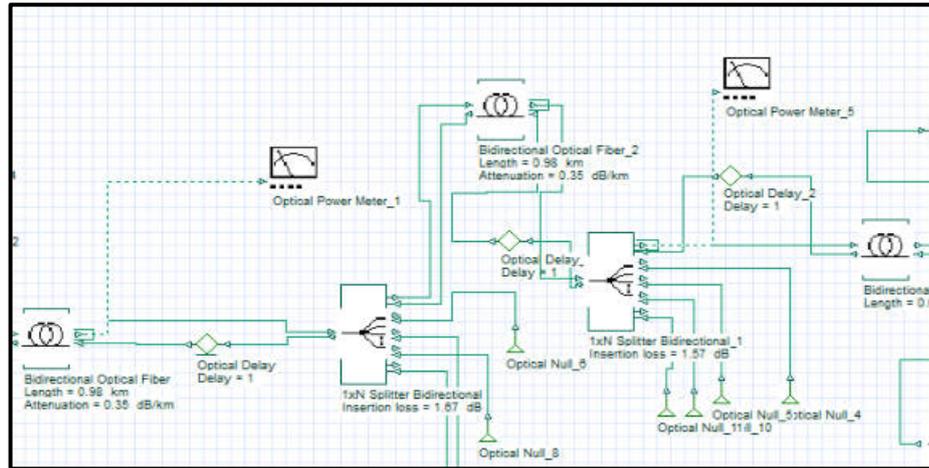


Figura 4-3. Configuración Red de Distribución Óptica.

Realizado por: Danny León V, 2021

3.2.3 Descripción del Equipo Receptor (ONU)

Para el equipo ONU se utilizó un Photodetector PIN el cual transforma la señal óptica a una señal eléctrica, un filtro Low Pass Butterworth, un transmisor para emitir ondas a 1310 nm y Dinamic-Select que son usados para ejemplificar el acceso al medio OTDMA, enviando una parte de la secuencia de bits generado por el transmisor, trabajan de forma similar a un filtro pasa banda, pero en el dominio del tiempo, en la Figura 5-3 se muestra el diagrama del equipo receptor ONU.

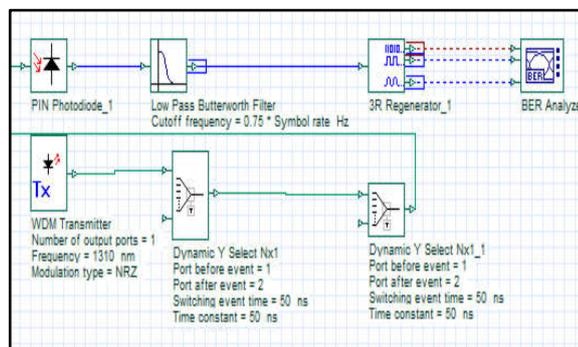


Figura 5-3. ONU

Realizado por: Danny León V, 2021

Después de tener concretado el diseño y definidos los parámetros de los dispositivos, se procedió a realizar la simulación, si las conexiones están correctas se mostrará un mensaje “completed successfully” finalizando la simulación, de lo contrario se mostrará un mensaje de error, en este caso se debe verificar las conexiones y los parámetros de configuración. En la Figura 6-3 se presenta el Menú para realizar la simulación.

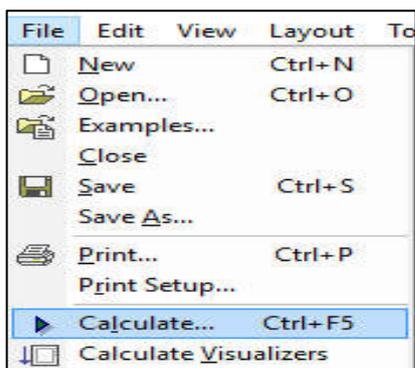


Figura 6-3. Menú de Simulación.

Realizado por: Danny León V, 2021

La simulación de la red completa lleva mucho tiempo de ejecución y requiere de gran capacidad de la memoria RAM. El esquema completo de la red Gpon para la zona urbana de la ciudad de Alausí se presenta en el anexo F.

3.3 EVALUACIÓN DE LA SIMULACIÓN

Una vez configurados la OLT, ODN y ONT, se tomó los diferentes parámetros de evaluación como son el Factor Q, Atenuación y BER, los cuales están acorde a la normativa utilizada en este caso ITU G 984.2.

El resultado se realizó con la potencia en el que se analiza sus valores medidos a través del recorrido de la fibra desde la OLT hasta la ONU, y finalmente se presenta el valor de la potencia que se recibe en el equipo ONU del usuario más cercano y el usuario más lejano.

Asimismo, se analiza la señal recibida del enlace de subida y bajada mediante el Diagrama de Ojo, el que permitió visualizar datos específicos sobre la calidad del enlace, de la misma forma para el usuario más cercano y el usuario más lejano.

3.3.1 Caso usuario más cercano

Para el caso se ha definido el usuario más cercano de las cuatro zonas con respecto a la OLT, como se muestra en la Figura 7-3, se tiene el usuario de la zona I el cual tiene una distancia de 113.8 metros, con la Ecuación 11-2 mencionada con el margen de error se obtiene 167 metros, este valor se procedió a colocar en el valor de la simulación.

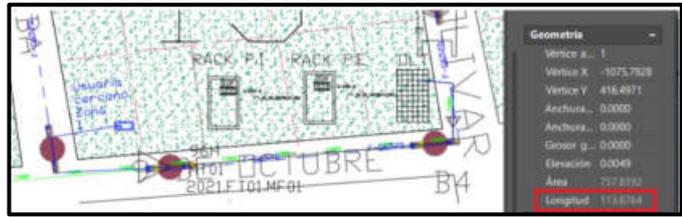


Figura 7-3. Usuario más cercano.

Realizado por: Danny León V, 2021

Una vez localizado el usuario más cercano se procedió a la simulación con los valores determinados por la OLT, la pérdida del enlace.



Figura 8-3. Potencia recibida simulada del usuario más cercano.

Realizado por: Danny León V, 2021

Como se muestra en la Figura 8-3, en la simulación se obtuvo un valor de -17.261 dBm, similar al valor calculado de -17.26, en este caso el valor se encuentra dentro de los parámetros recomendados por el estándar (ITU G984.2) de la clase C+, el cual permite un correcto funcionamiento ya que trabaja en el rango para la ONT en este caso inferiores a -17 dBm.

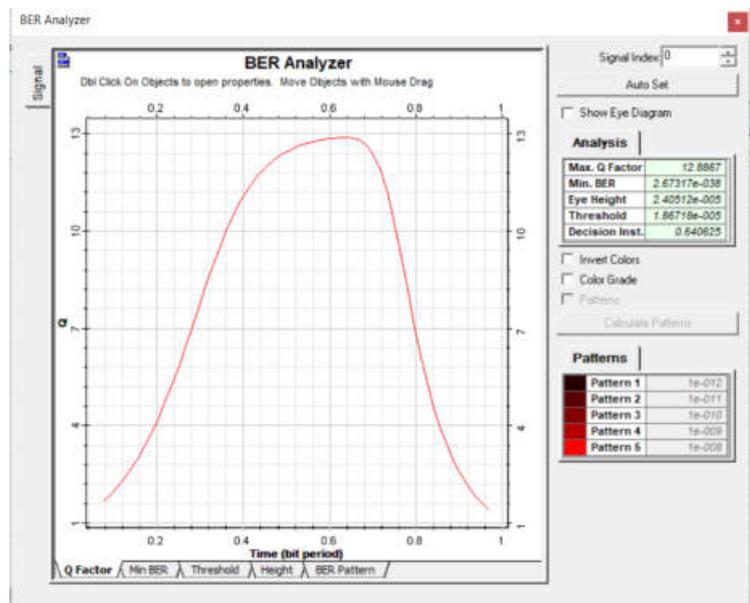


Figura 9-3. Factor Q y BER.

Realizado por: Danny León V, 2021

Como se muestra en la Figura 9-3 el factor Q es de 12.8867, dado que las recomendaciones de la normativa ITU G.984.2, se recomiendan que este valor tiene que ser igual a 6 o mayor, se está en las condiciones dentro de la calidad de conexión. De igual forma el BER es de 2.67317×10^{-38} , en este caso de la ITU recomienda que puede ser igual a 1×10^{-10} o menor, esto significa que se tiene un bit errado por cada 2.67 mil millones de bits que se transmitió desde la OLT.

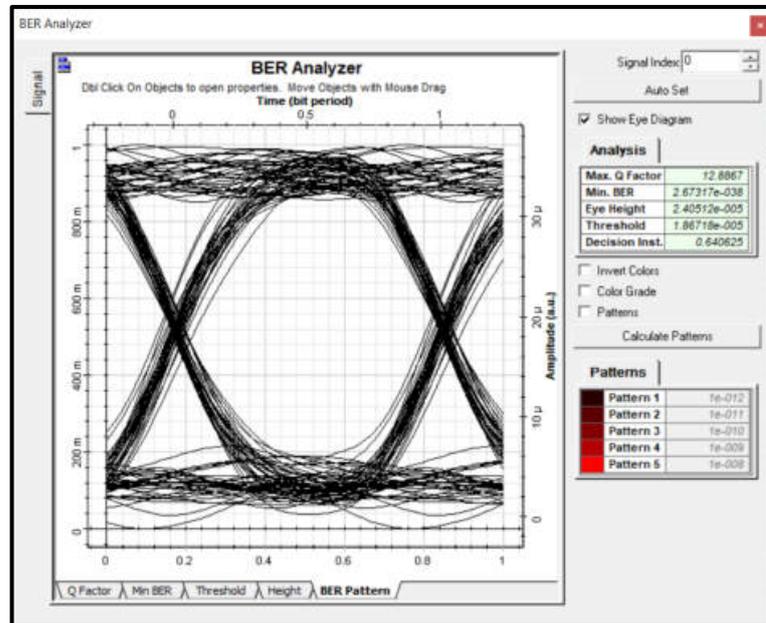


Figura 10-3. Diagrama ojo para usuario más cercano.

Realizado por: Danny León V, 2021

En la Figura 10-3 el diagrama de ojo se acerca a un diagrama de ojo ideal ya que la apertura es amplia y el ruido es aceptable, dando una buena calidad de servicio a el usuario final.

3.3.2 Caso usuario más lejano

En el usuario más lejano de las cuatro zonas con respecto a la OLT, como se indica en la Figura 10-3, se tiene el usuario de la zona III con una distancia de 931 metros como se muestra en la Figura 11-3 y una distancia final de 1041 metros según la Ecuación 11.2, con el cual se procedió a obtener los datos de potencia recibida.



Figura 11-3. Usuario más lejano.

Realizado por: Danny León V, 2021



Figura 12-3. Potencia recibida simulada del usuario más lejano.

Realizado por: Danny León V, 2021

Como se detalla en la Figura 12-3, en la simulación se obtuvo un valor de -17.564 dBm, similar al valor calculado de -17.56, en este caso el valor se encuentra dentro de los parámetros recomendados por el estándar (ITU G984.2) de la clase C+, el cual permitió un correcto funcionamiento ya que trabaja en el rango para la ONT en este caso inferiores a -17 dBm.

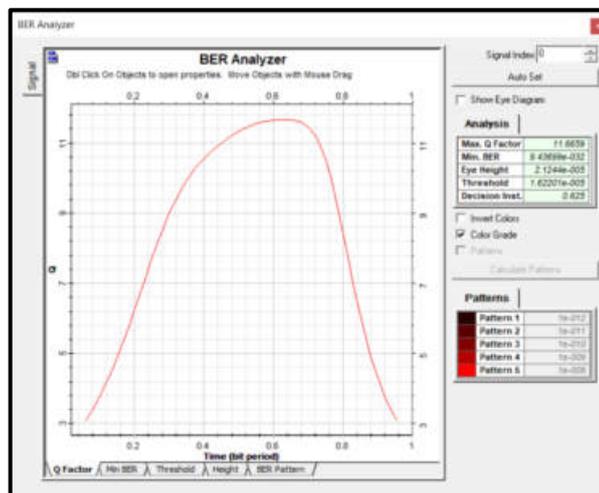


Figura 13-3. Factor Q y BER del usuario más lejano.

Realizado por: Danny León V, 2021

Como se señala en la Figura 13-3 el factor Q es de 11.6659, dado que las recomendaciones de la normativa ITU G.984.2, recomienda que este valor tiene que de igual 6 o mayor, se está en las condiciones dentro de la calidad de conexión. De igual forma el BER es de 9.436×10^{-32} , en este caso de la ITU recomienda que puede ser igual a 1×10^{-10} o menor, esto significa que se obtuvo un bit errado por cada 0.9436 mil millones de bits que se transmitió desde la OLT.

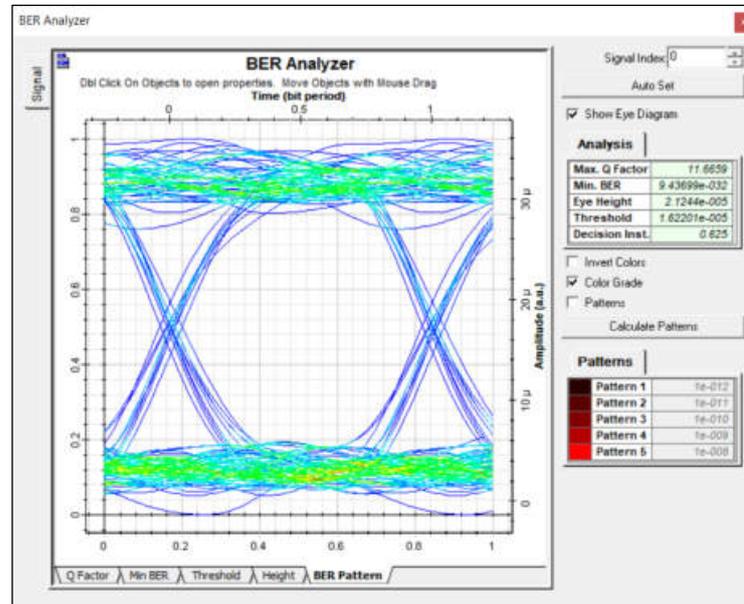


Figura 14-3. Diagrama ojo para usuario más lejano.

Realizado por: Danny León V, 2021

En la Figura 14-3 el diagrama de ojo se encuentra con un poco más de ruido debido a la atenuación que se encuentra por la distancia ya que es considerable pero dentro de los parámetros establecidos por la normativa.

3.3.3 Resultados del Factor Q y BER de las zonas más cercanas y lejanas.

Dado que ya se obtuvo los diferentes valores tanto en el cálculo como en la simulación se observa que los valores son similares con un margen de error de 0.004 dBm en promedio en todas las simulaciones, en la siguiente tabla 1-3, se dan a conocer los resultados obtenidos del Factor Q y BER en las diferentes zonas.

Tabla 1-3: Factor Q, BER en las diferentes zonas de la ciudad de Alausí.

ZONAS	Usuario más cercano			Usuario más lejano		
	Distancia (km)	Factor Q	BER	Distancia (km)	Factor Q	BER
ZONA I	0,167	12,8867	2,6731 e-38	0,852	12,4823	4,6220 e-36
ZONA II	0,257	13,0908	1,8430 e-39	0,609	12,7267	2,0840 e-37
ZONA III	0,429	12,911	1,9341 e-38	1,041	11,6659	9,436 e -32
ZONA IV	0,461	12,8791	2,9245 e-38	0,98	12,3545	2,28323 e-35

Realizado por: Danny León V, 2021

3.4 Triple play

Con la red de acceso Gpon se dispone de altas tasas de transmisión y se puede lograr más servicios y aplicaciones, es por esta razón que se propone dar el servicio de televisión a la parte urbana de la ciudad de Alausí. A continuación, se presenta varias ventajas de este servicio.

Ventajas:

- Educa en el uso de medio audiovisuales.
- Permite desarrollar espíritu crítico.
- Provee de una experiencia estética que es difícil de lograr de otro modo.
- Ofrece una alternativa de enseñanza distinta de la tradicional, de lo que permite quebrar la rutina y motivar al estudiante.
- Proporciona a los alumnos una experiencia común sobre la cual discutir.
- Contribuye al desarrollo de la capacidad de escuchar, observar y relacionar.
- Permite ilustrar contenidos curriculares.
- Proporciona una base correcta para el desarrollo del pensamiento conceptual.
- Proporciona experiencia que no son asequibles de otra manera, por ejemplo, en el campo cultural.
- Trae a la sala de clases lugares y sociedades que de otro modo no se conocerían.
- Permite actualizar los currículos de enseñanza.
- Sano entretenimiento (Dependiendo del tipo de programa, puede causar relajamiento y entretenimiento)
- Alto contenido de motivación: Al combinar imágenes, texto, animaciones, es más atractivo para su receptor y por lo tanto tiene mayor estímulo que con otros medios.

A continuación, se detalla la manera de como ofrecer al usuario final el paquete TRIPLE PLAY:

3.4.1 Voz, Internet y CaTV

Voz e Internet. - A partir del dispositivo ONU que fue ubicado en los diferentes sectores que forman la ciudad, este dispositivo posee las características de recepción y transmisión óptimas para la red.

CaTV. -Para el servicio de CaTV la señal de RF se debe obtener desde una cabecera de TV, esta señal es enviada en forma analógica a través de la red de fibra óptica, superpuesta a la transmisión de datos, utilizando una longitud de onda diferente (RF Overlay). La señal de RF contiene todos los canales tanto de televisión terrestre como satélite, con algunos canales en analógico y otros en digital como se observa en la Figura 15-3.

En cualquier caso, la suma de todos los canales forma una única señal analógica, la señal de RF, que abarca desde 80 a 862 MHz para el caso de la señal de TV terrestre y desde 950 a 2150 MHz para la señal vía satélite. La señal de RF se aplica a un láser altamente lineal (módulo VPON) y se envía a través de la red GPON en la longitud de onda de 1550 para convertir la señal de RF en una señal óptica. En el otro extremo de la red GPON, el usuario dispone del equipo ONU donde extrae la señal de RF, la cual se puede aplicar directamente mediante un cable coaxial al aparato de TV.

Para distribuir el servicio de CaTV en arquitecturas FTTH/FTTC de edificios de tamaño medio/pequeño es una buena opción adquirir equipos que la empresa Televes, que al ser una empresa dedicada a la investigación, diseño, fabricación y comercialización de equipos de telecomunicaciones, donde su especialidad es la recepción y distribución de señales de radio-televisión, se propone hacer uso de sus dispositivos como un CATV Amplificador de interior, varios Repartidores EMC y tomas de Tipo T1 R-TV para distribuir este servicio.

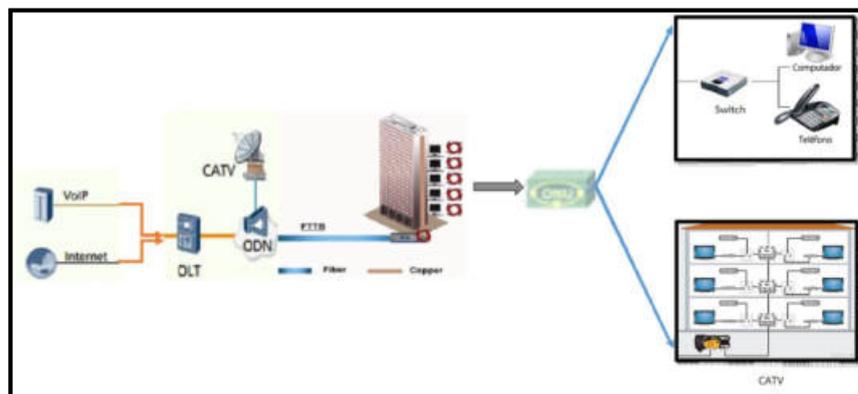


Figura 15-3. Diagrama para el servicio de Voz, Internet y Catv

Fuente: Danny León, 2021.

3.4.2 *Voz, Internet e IPTV*

Voz e Internet. - A partir del dispositivo ONU se diseñó en las casas residenciales de nuestros usuarios potenciales los cuales tienen acceso a todos los beneficios que brinda la tecnología FTTH.

IPTV. -Para el servicio de IPTV la señal de televisión es encapsulada en paquetes IP y es transmitida por la fibra óptica junto con los datos, utilizando la misma longitud de onda como se observa en la Figura 16-3. Para brindar este servicio a la institución se requiere de un servidor de IPTV, el cual debe estar conectado a la OLT. Para su distribución en arquitecturas FTTH se requiere de una red interna para IPTV correcta y varios dispositivos STB (Set-Top Box) dependiendo del número de TVs que se pretende poseer en cada edificio. A continuación, se muestra un diagrama para el servicio de Voz, Internet e IPTV, las especificaciones técnicas del equipo se encuentran en el ANEXO E.

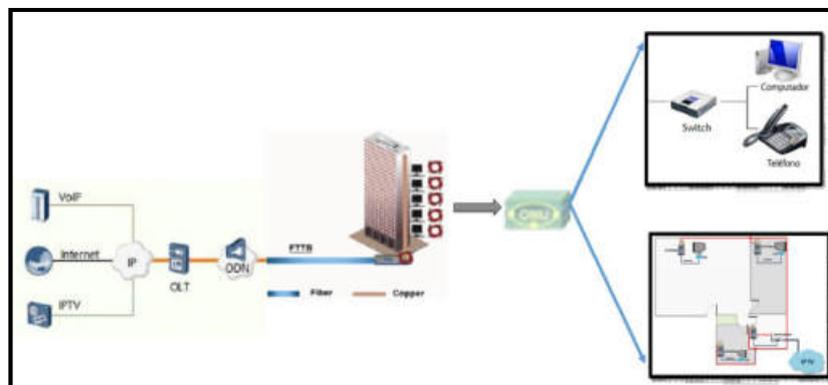


Figura 16-3. Diagrama para el servicio de Voz, Internet e IPTV.

Fuente: Danny León, 2021.

3.4.3 *Voz, Internet y TV Online*

Voz e Internet. - A partir del dispositivo ONU que fue ubicado en las diferentes zonas de la ciudad de Alausí con el acceso de red mediante fibra óptica y con las ventanas de transmisión para voz y datos.

TV Online. - La televisión online utiliza el protocolo de transmisión de datos TCP/IP, se trata de la perspectiva inmediata que proporciona Internet para distribuir esta nueva forma de producir y transmitir material de comunicación audiovisual en línea, proporcionando al usuario la facilidad de reproducirlo. La televisión por Internet utiliza sus conexiones para transmitir vídeo desde una

fuente (*host* u origen) hasta un dispositivo (normalmente el usuario) como se observa en la Figura 17-3.

Las limitaciones de este medio eran el ancho de banda que consumía el *streaming*; pues se utilizaba poco ancho de banda y el resultado era la pobre calidad de imagen, sin embargo, al proponer un diseño con tecnología Gpon hace que este servicio sea óptimo y factible, pues solo bastara con tener un dispositivo conectado al internet para hacer uso de este servicio.

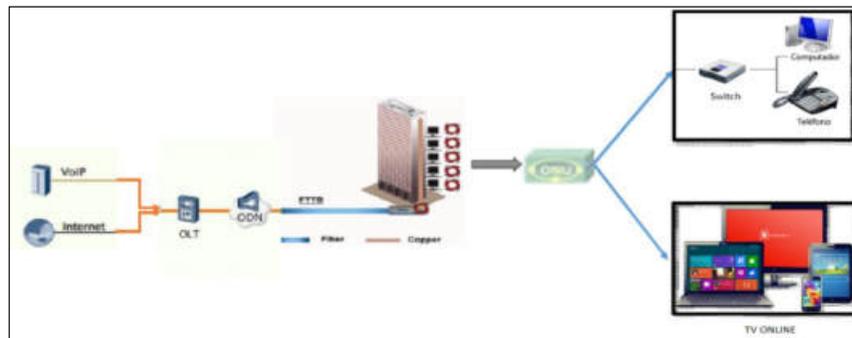


Figura 17-3. Diagrama para el servicio de Voz, Internet y TV Online.

Fuente: Danny León, 2021.

3.5 Informe costo/beneficio del proyecto

3.5.1 Costos de inversión

Los costos de inversión para el presente proyecto se subdividen en:

- Costos de la Red de Dispersión como se muestra en la Tabla 2-3
- Costos de la Red Distribución como se muestra en la Tabla 3-3.
- Costos de la Red de Canalización como se indica en la Tabla 4-3.
- Costos de la Red Feeder como se muestra en la Tabla 5-3.
- Costo de equipos Pasivos como se indica en la Tabla 6-3.
- Costos de Equipos Activos como se indica en la Tabla 7-3.

VOLUMEN DE OBRA

Tabla 2-3: Costo Red de Dispersión

RED DE DISPERSIÓN					
ITEM	UNIDAD DE PLANTA	U	CANT	PRECIO	SUBTOT
1	FUSIÓN DE 1 HILO DE FIBRA ÓPTICA	U	92,00	\$ 11,09	\$ 1.020,28
2	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE IDENTIFICADOR ACRILICO DE FIBRA ÓPTICA 8 cm X 4 cm	U	94,00	\$ 5,39	\$ 506,66
3	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE PATCH CORD DUPLEX FC/APC-SC/APC de 5 mts. G.652D	U	47,00	\$ 13,83	\$ 650,01
4	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE ROSETA ÓPTICA 2 HILOS DE FIBRA, INCLUYE: 2 ADAPTADORES SC/APC; 2 MANGUITOS DE PROTECCIÓN DE EMPALME DE 40MM	U	47,00	\$ 25,15	\$ 1.182,05
5	SUMINISTRO Y TENDIDO DE CABLE PARA INTERIOR 2 FIBRAS ÓPTICAS G.657A1 (DROP) 6mm	m	5000,00	\$ 1,54	\$ 7.700,00
				TOTAL	\$11.059,00

Realizado por: Danny León V, 2021

Tabla 3-3: Costo de Red de Distribución.

RED DE DISTRIBUCIÓN					
ITEM	UNIDAD DE PLANTA	U	CANT	PRECIO	SUBTOT
1	FUSIÓN DE 1 HILO DE FIBRA ÓPTICA	U	28,00	\$ 11,09	\$ 310,52
2	PREPARACION DE PUNTA DE CABLE DE FIBRA OPTICA Y SUJECION DE CABLES DE 6 - 96 HILOS	U	28,00	\$ 7,48	\$ 209,44
3	PRUEBA DE POTENCIA DE 1 HILO DE FIBRA ÓPTICA GPON	HILO	14,00	\$ 8,86	\$ 124,04
4	PRUEBA REFLECTOMÉTRICA UNIDIRECCIONAL POR FIBRA EN UNA VENTANA GPON + TRAZA REFLECTOMETRICA	HILO	14,00	\$ 8,48	\$ 118,72
5	SUMINISTRO Y COLOCACION DE CAJA DE DISTRIBUCIÓN AEREA DE 12 PUERTOS SC/APC	U	13,00	\$ 309,43	\$4.022,59
6	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE IDENTIFICADOR ACRILICO DE FIBRA ÓPTICA 8 cm X 4 cm	U	32,00	\$ 5,39	\$ 172,48
7	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE HERRAJES DE RETENCIÓN PARA FIBRA ADSS 2 EXTENSIONES (VANO 120M)	U	7,00	\$ 15,53	\$ 108,71
8	SUMINISTRO Y COLOCACION SPLITTER PLC PARA FUSION (1X4)	U	12,00	\$ 149,11	\$1.789,34
9	SUMINISTRO Y COLOCACION SPLITTER PLC PARA FUSION (1X2)	U	1,00	\$ 262,00	\$ 262,00
				TOTAL	\$7.117,84

Realizado por: Danny León V, 2021

Tabla 4-3: Costos Canalización de la red feeder

CANALIZACION					
ITEM	UNIDAD DE PLANTA	U	CANTID	PRECIO	SUBTOT
1	CANALIZACION ACERA 2 VIAS	m	10	\$ 16,73	\$ 167,30
2	ROTURA Y REPOSICION DE ACERA	m2	4,80	\$ 22,11	\$ 106,13
3	EXCAVACION PARA SUBIDA A POSTE Y DESALOJO PARA SUBIDA A POSTE O MURAL	m	5,00	\$ 4,19	\$ 20,95
4	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE SUBIDA A POSTE PARA FIBRA ÓPTICA CON TUBO EMT DE 3 M DE 2"	U	1,00	\$56,80	\$ 56,80
5	POZO ACERA 48 BLOQUES 2 CONVERGENCIAS	U	1,00	\$ 873,56	\$ 873,56
				TOTAL	\$1.224,74

Realizado por: Danny León V, 2021

Tabla 5-3: Costo Red Feeder

RED FEEDER					
ITEM	UNIDAD DE PLANTA	U	CANTIDAD	PRECIO	SUB TOTAL
1	FUSIÓN DE 1 HILO DE FIBRA ÓPTICA	U	2,00	\$ 11,09	\$ 22,18
2	PORTA RESERVAS FIBRA ÓPTICA POZO	U	1,00	\$ 17,74	\$ 17,74
3	PREPARACION DE PUNTA DE CABLE DE FIBRA OPTICA Y SUJECION DE CABLES DE 6 - 96 HILOS	U	2,00	\$ 7,48	\$ 14,96
4	PRUEBA REFLECTOMÉTRICA UNIDIRECCIONAL POR FIBRA EN UNA VENTANA GPON + TRAZA REFLECTOMETRICA	HILO	2,00	\$ 8,48	\$ 16,96

5	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE UNA MANGA SUBTERRÁNEA PORTA SPLITTER DE 96, TIPO DOMO (APERTURA Y CIERRE)	U	1,00	\$ 442,34	\$ 442,34
6	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE IDENTIFICADOR ACRILICO DE FIBRA ÓPTICA 8 cm X 4 cm	U	2,00	\$ 5,39	\$ 10,78
7	SUMINISTRO Y TENDIDO DE CABLE CANALIZADO 12 F.O. MONOMODO G652.D	U	39,00	\$ 2,55	\$ 99,45
8	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN SPLITTER PLC PARA FUSION (1X8)	U	2,00	\$ 31,65	\$ 63,30
				TOTAL	\$ 687,71

Realizado por: Danny León V, 2021

Tabla 6-3. Costo de Elementos Pasivos.

TOTAL, ELEMENTOS PASIVOS	
RED FEEDER	\$ 687,71
RED DE DISTRIBUCIÓN	\$ 7.117,84
RED DE DISPERSION	\$ 11.059,00
CANALIZACION	\$ 1.224,74
TOTAL, SIN IVA	\$ 20.089,29
IVA 12%	\$ 2.410,71
TOTAL	\$ 22.500,00

Realizado por: Danny León V, 2021

Tabla 7-3. Costos de Elementos Activos

TOTAL, EQUIPOS ACTIVOS			
EQUIPO	CANT	PRECIO	SUB TOTAL
SmartOLT	1	\$ 3947,00	\$ 3947,00
ONUs WaveAccess 4032	718	\$ 51,00	\$ 36618,00
		TOTAL	40565,00

Realizado por: Danny León V, 2021

En base a los costos desglosados de Equipos Activos y Elementos Pasivos, se procedió a determinar el costo de la red como se muestra en la Ecuación 1-3 que es la suma de todos los rubros, luego se obtuvo un presupuesto referencial que sería el capital para invertir en el proyecto.

Total, Costo de Inversión: Total Pasivos + Total Activos.

Ecuación 1-3: Costo de Inversión

Total, Costo de Inversión: \$ 22.500,00 +\$ 40565,00=\$ **63065,00**

3.5.2 *Beneficios del proyecto*

- La ciudad de tendrá una Red convergente que hace referencia a la integración de voz, datos y video, sobre una sola red.
- Se tendrá mayor eficacia en el transporte de la información.
- La Ciudad de Alausí contara con una Red GPON flexible, escalable y viable.
- Se contará con una Red segura ya que la información transmitida por la tecnología Gpon viaja de forma cifrada por medio del Estándar Avanzado de Encriptación (AES).
- La ciudad de Alausí estará conectada con tecnología de punta.
- Se podrá acoplar hacia nuevas tecnologías x-PON.
- Los usuarios de servicios de telecomunicaciones de la ciudad de Alausí accederán a mayor ancho de banda y a mejores servicios.
- La Vida útil de la Red será de mayor duración

4. CONCLUSIONES

- Se desarrolló un análisis de las diferentes topologías FTTx lo que permitió seleccionar la mejor arquitectura para la nueva infraestructura de red, optando así por una topología FTTH que brinda todo el despliegue de la tecnología GPON, llegando con un hilo de fibra hasta los diferentes usuarios de la ciudad de Alausí.
- Se analizó las diferentes normativas de las recomendaciones ITU serie G ya que son utilizadas específicamente para redes GPON, por lo que con la ITU G 652, se dio a conocer las diferentes fibras ópticas que se encuentran para red feeder, distribución y dispersión así como las atenuaciones generadas, además con la ITU G984.x se determinó el ancho de banda final, ya que para Downstream de acuerdo a los niveles de splitteo fue de 39.06 Mbps y para Upstream de 19.53 Mbps, cumpliendo con el ancho de banda requerido de 13.06 Mbps.
- Se realizó el diseño de una red FTTH, mediante el programa AUTOCAD 2018 para la ciudad de Alausí ocupando la infraestructura actual, previamente de un estudio de la población que se encuentra en la zona urbana determinando la demanda final, de igual manera se zonifico de acuerdo al número de viviendas que se encuentran en la actualidad, pues podrá recibir mejoras en velocidad de transmisión con la tecnología de las redes GPON la cual facilitara los servicios de voz, video y datos con una velocidad, además que esta converge con futuras tecnologías.
- Se determinó que la mejor opción para la red de fibra óptica es la de la clase C+ la cual permite valores entre -8 y -32dBm siendo el más óptimo ya que se obtuvo una potencia de recepción entre -17 y -18 dBm, además es la que ofrece más equipos en comparación a las otras clases por ser la más actual y que se encuentra vigente dando mayor beneficio a la red.
- Se evaluó con el programa OptiSystem el diagrama del ojo el cual se asemeja al ideal con un ruido casi nulo, en cuanto al factor Q factor son valores que se encuentran en 12 por lo que cumple con la normativa ya que son mayores que 6 y en cuanto al BER son valores que están entre 9.436×10^{-32} y 1.8430×10^{-39} , estableciendo una buena calidad de servicio ya que este tiene que ser menor que 1×10^{-10} , según las especificaciones de la ITU G 984.2.

5. RECOMENDACIONES

- Para empezar con el estudio de la red de fibra óptica se tiene que conocer todos los temas que abarcan a este para al momento del diseño se lo realice de forma correcta, así del lugar donde se va a realizar la migración a fibra óptica, además conseguir los diferentes mapas para facilitar el estudio de la zona.
- Buscar información de las ubicaciones de los diferentes postes, así como la planimetría, en este caso se pidió al GAD municipal para posteriormente pasarlos al diseño en AUTOCAD, los planos obtenidos tienen que estar a escala para mayor facilidad al momento de ubicar los diferentes elementos de la red FTTH.
- Establecer una simbología y nomenclatura adecuada para poder realizar un estudio ordenado y que este sea de fácil interpretación y mantener esta en el diseño de la red FTTH, además se realizó diferentes capas en el programa AUTOCAD con el fin de ir seleccionando la que más información se proporcione al momento de seleccionar una imagen.
- Al momento de evaluar mediante el software OptiSystem se tiene que realizar la topología que se estableció en la metodología y verificar los parámetros de la potencia recibida calculada y simulada, los elementos pasivos como en este caso los splitter ya cuentan con valores de atenuación establecidos por el software.
- Las diferentes instituciones deberían optar por las redes de fibra óptica con tecnología GPON por los beneficios que presentan, además al no ser una tecnología tan nueva en el país los costos de implementación no son altos, lo que ayuda a impulsar su implementación garantizando la calidad del servicio.

BIBLIOGRAFÍA.

(ITU-T) TELECOMMUNICATION STANDARDIZATION SECTOR OF ITU., Physical transfer functions of optical network elements ITU-T Recommendation G.680. 2007

ABELLÁN, Daniel Pastor; CAPMANY, José; PASCUAL, Francisco Ramos. Sistemas de comunicaciones ópticas. 2007. pp.14-20. Disponible en: <http://iie.fing.edu.uy/ense/assign/siscom/teorico/clases/clase1.pdf2016-06-22>

ACEDO, José Luis Martínez. Redes FTTU/FTTB sin interrupción de servicio. Bit, 2009, 176, pp. 48-53.

ALCUDIA LEÓN, A.D., Descripción general de ADSL. *Modelado y simulación de transmisión de datos en un ADSL transceiver utilizando LabVIEW*. 2005, pp. 8-28.

ARCOTEL, Boletín Estadístico Cierre 2018. [en línea], 2019, pp.30. Disponible en: <http://www.arcotel.gob.ec/wp-content/uploads/2015/01/BOLETIN-ESTADISTICO-FEBRERO-2019-Cierre-2018.pdf>.

BOQUERA, MARÍA CARMEN ESPAÑA. *Fibras ópticas*. España. Díaz de Santos, 2005. pp.51-55. Disponible en:<http://www.editdiazdesantos.com/wwwdat/pdf/9788479786854>.

DANY, S., LLUMIQUINGA, G. y MULLO, C., Escuela Politecnica Diseño Del Sistema Redundante De Fibra Óptica Quito-Guayaquil Para La Red De Telconet. [en línea], 2008 pp. 04-10. Disponible en: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/993/1/CD-1295.pdf>.

DIGITALES, S.Y.R., UIT-T. , vol. 650.

E.ZALDIVAR, I., El uso de la luz en un sistema optico. 2015. Disponible en:<https://saberesyciencias.com.mx/2015/09/02/el-uso-de-la-luz-en-un-sistema-de-comunicación-optico/>.

GONZÁLEZ, J. y VEGA, I., Diseño de una Red de Acceso que Utiliza Tecnología FTTB Con VDSL2 en el Sector “La Mariscal” de la Ciudad de Quito. [en línea]. 2009, pp. 180. Disponible en: <http://www.epn.edu.ec/institucion/ubicacion-geografica/>.

GUAMÁN, F., Una mirada a la televisión digital por tecnologías IPTV a través de la red de cobre con tecnología ADSL. 2017, pp. 41-55. ISSN 1390-1869.

ITU-T. *Lista de Recomendaciones del ITU-T*. 2004

ITU-T G.983.1. *Sistemas de acceso óptico de banda ancha basados en redes ópticas pasivas G.983.1*. 2005

- ITU-T G.984.1.** *Redes ópticas pasivas con capacidad de Gigabits: Características generales. G.984.1.* 2003.
- ITU-T G.984.2.** *Redes ópticas pasivas con capacidad de gigabits: Especificación de la capa dependiente de los medios físicos.* 2003.
- ITU-T G.984.3.** *Gigabit-capable passive optical networks (G-PON): Transmission convergence layer specification.* 2014.
- ITU-T G.984.4.** *Redes ópticas pasivas con capacidad de gigabits: Especificación de la interfaz de control y gestión de la terminación de red óptica. G.984.4.* 2004.
- ITU-T G.984.5.** *Gigabit-capable Passive Optical Networks (G-PON): Enhancement band. ITU-T Rec. G.984.5.* 2007.
- ITU-T G.984.7.** *Gigabit-capable passive optical networks (GPON): Long reach.* 2010.
- ITU-T G.987.1.** *10-Gigabit-capable passive optical networks (XG-PON): General requirements.* 2010.
- ITU-T G.987.2.** *10 Gigabit Capable Passive Optical Networks (XG-PON): Physical Media Dependent (PMD) Layer Specification.* 2010.
- ITU-T G.987.3.** *Gigabit-capable passive optical networks (XG-PON): Transmission convergence (TC) layer specification. G.987.3.* 2014.
- MANJARRES, ALTAMIRANO Holguer David.** *Evaluación de una red de distribución óptica utilizada en el estándar GPON G984 para medir parámetros óptimos de calidad de servicio sobre OPTISYSTEM utilizando normativa CNT(Trabajo de titulación).* (Maestría) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2017. pp. 11-29. [Consulta: 14 octubre 2020]. Disponible en: <http://dspace.espace.edu.ec/bitstream/123456789/7545/1/20T00916.PDF>.
- OPEN UP.** *Diferentes tipos de Fibra Óptica. [Open Up blog]* . 2017. [Consulta: 15 octubre 2020]. Disponible en: <https://www.openup.es/diferentes-tipos-fibra-optica/>.
- OPTRAL.** *FIBRA OPTICA: Diferentes tipos y aplicaciones. [E-boletín]* . 2019. [Consulta: 29 octubre 2020]. Disponible en: www.C3comunicaciones.es.
- OPTRONICS.** *CABLES FIBRA ÓPTICA. [Bloc]* . 2020. [Consulta: 5 noviembre 2020]. Disponible en: <http://optronics.com.mx/index.php?mod=contacto>.
- POZO, SUNTA Luis Fernando & ZURITA, ZURITA Kevin Andrés.** *Diseño y simulación de una red de acceso 10G-PON para el Sector de la Mariscal(Trabajo de titulación).* (Ingeniería) Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador. 2019. pp. 1-71. [Consulta: 5 octubre 2020]. Disponible en: <http://bibdigital.epn.edu.ec>.
- QUISHPE, PÉREZ Alejandra Soraya & VINUEZA, ESTÉVEZ Nuvia Soraya.** *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)(Trabajo de titulación).* (Ingeniería) Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador. 2010. pp. 1-38. [Consulta: 6 octubre 2020]. Disponible en: <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/3728>.

HAJDUCZENIA, Marek; DA SILVA, Henrique J.; MONTEIRO, Paulo P. EPON versus APON and GPON: a detailed performance comparison. *Journal of Optical Networking*, 2006, vol. 5, no 4, pp. 298-302.

HENAO, Juan Sebastián Guevara. Tecnologías de redes PON. *Consulta Tecnologías de redes PON*, 2011. pp.31-55

HUARI, F.,. *Tecnología_xDSL_para_comunicaciones.pdf*. 2015. S.l.: s.n.

IINET,. FTTC THE NEW NBN. [en línea]. 2018. Disponible en: <https://blog.iinet.net.au/fttc-nbn-technology/>.

ITU-T,. G.671: Transmission characteristics of optical components and subsystems. 2012.

JARDÓN AGUILAR, HILDEBERTO; LINARES, Roberto. Sistemas de comunicaciones por fibras ópticas. México DF, México: Alfaomega, 1995. pp.5-11

JESUS, R.,. La tecnología de acceso ADSL. [en línea]. 2018. Disponible en: <https://www.ramonmillan.com/tutoriales/adsl.php>.

LATTANZI, Miguel; GRAF, Agustín. Redes fttx conceptos y aplicaciones. IEEE Argentina, 2008, pp.15-25

MALDONADO LUNA, R.D.,. Composición de un sistema de comunicación basado en fibra óptica: Línea de transmisión. , 2015, pp. 45.

MARTÍNEZ, Baltasar Rubio. Introducción a la ingeniería de la fibra óptica. Ra-ma, 1994.

MK BAJURI,. RED FTTB. *Phys. Rev. E* [en línea], no. 2015, pp. 24. Disponible en: http://ridum.umanizales.edu.co:8080/jspui/bitstream/6789/377/4/Muñoz_Zapata_Adriana_Patricia_Artículo_2011.pdf.

OSSIEUR, Peter, et al. A 1.25-Gb/s burst-mode receiver for GPON applications. *IEEE journal of solid-state circuits*, 2005, vol. 40, no 5, pp. 1180-1186.

PEREDA, José Antonio Martín; ANTONIO, José. Sistemas y redes ópticas de comunicaciones. Pearson Educación, 2004. pp.73-79

PRADOS, Enrique. Redes FTTH. VII Jornadas Técnicas JDSU España, 2008. pp.50-55

PRO, V.,. No Title. *FTTX tendencias a la tecnologia* [en línea]. 2017. Disponible en: <https://www.virtualpro.co/noticias/tendencias-de-la-tecnologia-fftx-en-latinoamerica>.

PROFILE, S.E.E.,. Módulo 2: Arquitectura FTTH-PON. , no. July 2015 DOI 10.13140/RG.2.1.2119.0248.

QUISNANCELA, E. y ESPINOSA, N.,. Certificación de redes GPON, normativa ITU G.984.x. *Enfoque UTE*, vol. 7, no. 4, 2016. pp. 16-30. ISSN 1390-9363. DOI 10.29019/enfoqueute.v7n4.111.

SELMANOVIC, Faruk; SKALJO, Edvin. GPON in telecommunication network. En Ultra-Modern Telecommunications and Control Systems and Workshops (ICUMT), 2010 International Congress on. IEEE, 2010. pp. 1012-1018.

TEJEDOR, Ramón Jesús Millán. GPON (Gigabit Passive Optical Network). *QUÉ ES...*, dic. - ene, 2008. pp.10-19

VARGAS, A. Tecnología y Arquitectura de las Redes Ópticas GPON. sl: <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/31/8>. Capitulo2. pdf, 2009. pp.76-80

VILLACRÉS VALVERDE, J. y MURIEL BONILLA, A.G.,. Estudio Y Diseño De Unaredde Planta Externa De Fibra Óptica Gpon Para Proveer Servicios De Voz, Video Y Datos Aplicado a La Ciudad De Alausípara La Cnt Empresa Pública Riobamba. [en línea], pp. 1-97. 2016. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/5462>.

YIM, Philip, et al. IP triple play over Gigabit Ethernet passive optical network. U.S. Patent Application No 11/655,272, 19 Ene. 2007. pp.10-15

ANEXOS

ANEXO A: Encuesta a habitantes de la ciudad de Alausí.



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

1._ “¿Qué tipo de tecnología utiliza usted para acceder a la red de internet?”

Conexión por cobre (ADSL) ____

Conexión por fibra óptica ____

Modem vía celular (3G, 4G) ____

2._ “¿Cómo es la calidad de servicio actual con relación al costo?”

Excesivo ____

Normal ____

Bajo ____

3._ “¿Estaría dispuesto usted a pagar por un servicio de fibra óptica que le provee una mejor velocidad de internet?”

Si ____

No ____

4._ “¿Cuánto usted estaría dispuesto a pagar por los servicios de video, voz y datos a través de fibra óptica?”

De 15-30 ____

De 30-45 ____

Más de 45 ____

5._ “¿Durante este tiempo usted ha necesitado un mejor ancho de banda para realizar videollamadas, clases online, video on demand?”

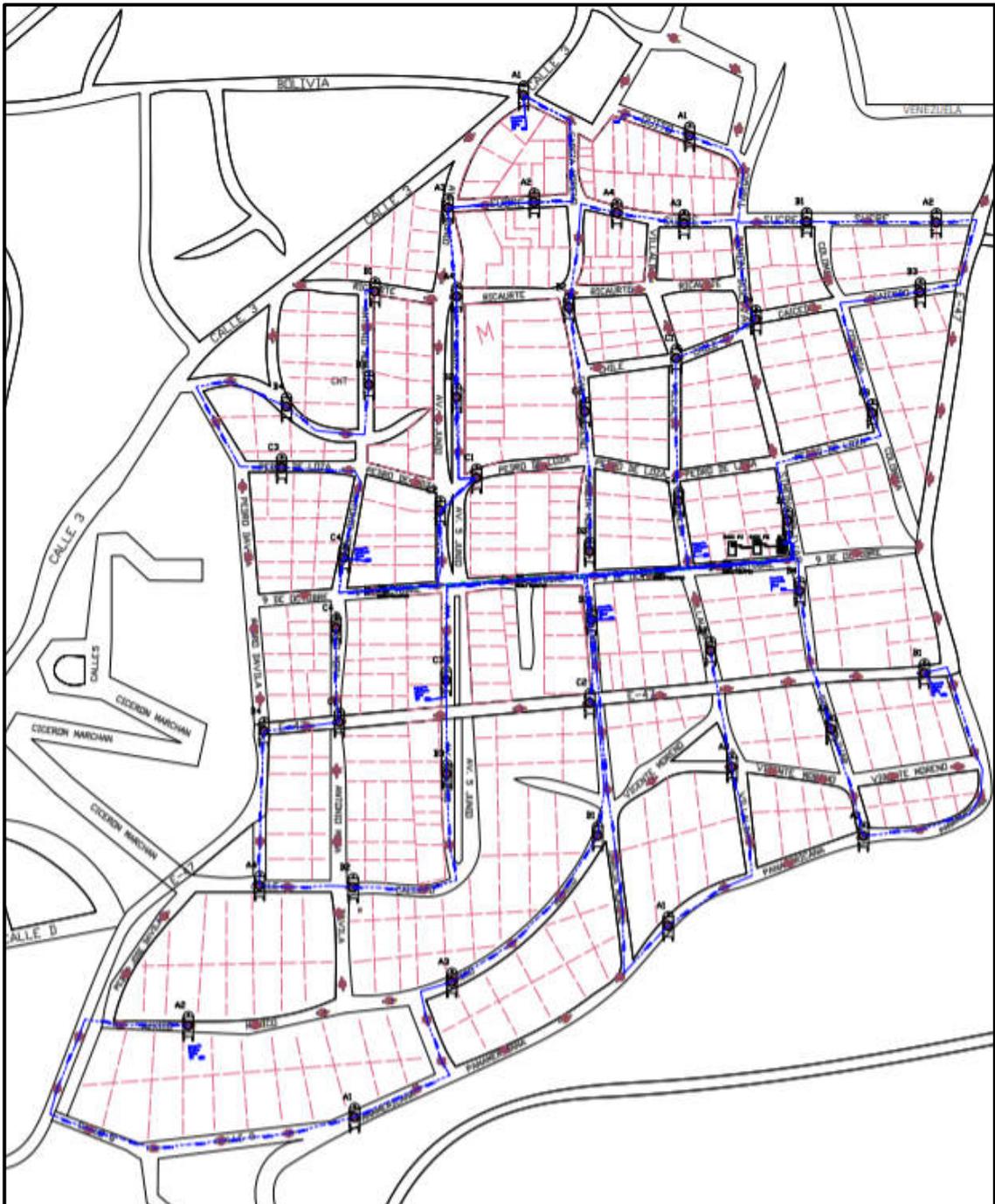
Si ____

No ____

ANEXO B: Simbología normativa de dibujo gpon cnt e.p.

ANEXO I-GPON SIMBOLOGIA DE PLANTA EXTERNA 4ta. REVISIÓN		
DESCRIPCIÓN	PROYECTADO	EXISTENTE
PLACA DE FIBRAS		
CLUB DE FIBRAS		
ARMARIO TTT		
CAJA DE DISTRIBUCIÓN ÓPTICA ÚNICA		
CAJA DE DISTRIBUCIÓN ÓPTICA DOBLE CONDUCTOR		
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 (ASONADO)		
ROSETA ÓPTICA		
SPLITTER DE UNA ENTRADA		
SPLITTER DE DOS ENTRADAS		
FILAS DE RESERVA DE FIBRA		
OPCIÓN SPLITTER RECIBIENDO		
ESTRUCTURA POZO		
CAJA DE DISTRIBUCIÓN ÓPTICA ADOBADA		
CAJA DE DISTRIBUCIÓN ÓPTICA VIN. POSTE		
TRANSFORMADOR AEREO		
FERRAJE DE RETENCIÓN DE FIBRA GPON		
FERRAJE ORL DE AMERICANO GPON 2 EXTENSION Y 1 EXTENSION		
ESQUEVA ARMARIO GPON		
CONJUNTO DE LÍNEAS DE CONDUCCIÓN DE FIBRA CON CÁMERA DE CALIBRACIONES EN EL		
EMPALME FIBRA DE 5 FIBRAS CON UN SPLITTER DE 1 A 5		
VALGUETA CORTEGADA		
CAJA TERMINAL FIBRA ÓPTICA (TRANSICIÓN)		
ARMARIO TTT- 2880 PARA ESQUEMATICO		
NORTE		
POSTE FIBRA DE VIDRIO		
OP-OLT		

ANEXO C: Diseño de la red de acceso GPON.



ANEXO D: Especificaciones OLT.



TELNET
Redes Inteligentes

SmartOLT

Características generales

Equipo de cabecera para redes GPON

Gestión intuitiva a través del interfaz web del TGMS

Dos opciones de interfaz de transporte: 10G o 4x1000Base-T

Reducción de los costes por puerto GPON

Reducción de la barrera de entrada de inversión en un sistema GPON



Características Ethernet/GPON

Totalmente compatible con ITU-T G984.1, G.984.2, G.984.3, G.984.4 y G.988

Gestión remota de ONUs vía OMCI

Algoritmo adaptativo DBA orientado a QoS

Capacidad de reservar ancho de banda garantizado y ancho de limitar el 'best effort' por servicio y usuario, en ambas direcciones con granularidad de 64 Kbps.

802.1ad, 802.1Q, 802.1p para soportar diferentes escenarios de VLAN de BDF TR-156

QoS en conmutación

DHCP Relay con opción 82

IGMP Snooping y Querier

Filtrado Multicast (hasta 256 direcciones IP multicast)

Codificación FEC en ambas direcciones

Cifrado AES 128-bit

Referencia de artículo

Nombre: SmartOLT

Referencia: 400040117

Interfases

4x Puertos SFP GPON, 2,5Gb downstream, 1,25 Gb upstream

1x Puerto SFP+ 10G de transporte que permite el 100% de uso del ancho de banda GPON

4x Puertos GbE de transporte (1xGbE por puerto PON)

1x Puerto de gestión FastEthernet

1x USB interfaz de consola

Ópticas OLT B+ y C+ disponibles.

TELNET GPON Management System

Acceso y gestión vía web a todas las OLTs y ONUs del operador

Interfaz intuitiva para reducir el tiempo de configuración

Gestión de perfiles de usuario

Detección automática de las nuevas ONU conectadas para un aprovisionamiento más sencillo por parte del operador

Orientado para poder configurar diferentes paquetes de IPTV por usuario

Fácil configuración de los parámetros SIP de la ONU

Reconfiguración automática de la ONU cuando su perfil cambia

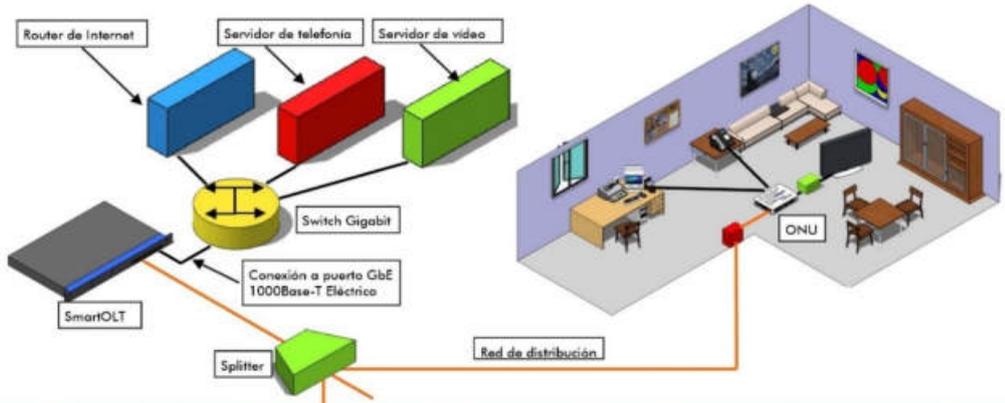
API disponible para la integración con sistemas de operador

Características técnicas

Dimensiones: 1UA x 19"

Fuente de alimentación redundante, opciones diferentes:

- Fuente de alimentación universal: 110-220V AC, 50-60Hz con CEE 7/7 conector de forma predeterminada.
- -48V DC
- Consumo: 40W



© TELNET Redes Inteligentes S.A
www.telnet-ri.es

Inversión escalonada según necesidades

La SmartOLT de TELNET Redes Inteligentes es un equipo pensado para aquellos operadores que desean poner en marcha una red FTTH GPON armonizando los costes de despliegue con el alta de abonados. En efecto, en cualquier despliegue FTTH es clave la inversión inicial requerida para dar servicio a los primeros abonados, obligando al operador a realizar importantes desembolsos en equipamiento cuando el volumen de clientes es aún reducido.

Con un mínimo presupuesto de arranque, la SmartOLT permite al operador prestar servicios GPON a los primeros clientes y, de manera escalonada, ampliar las capacidades del equipo según se captan nuevos abonados. Esto es posible gracias a las siguientes características diferenciadoras de TELNET: Gestión avanzada del tráfico Ethernet en la propia SmartOLT, limitación de ancho de banda y soporte para servicios IPTV, modularidad de puertos GbE y 10G, y la arquitectura de gestión centralizada que ofrece la plataforma TELNET GPON Management System.

Gestión avanzada de tráfico Ethernet

La SmartOLT de Telnet incluye todas las funcionalidades esenciales para realizar el tratamiento a nivel Ethernet del tráfico procedente/destinado a los usuarios. De manera nativa, y sin costes adicionales, la SmartOLT soporta en todos sus puertos funcionalidades 802.1p (Clase de servicio), 802.1Q (VLAN), 802.1ad (QinQ VLAN) e IGMP v3 (Multicast de vídeo).

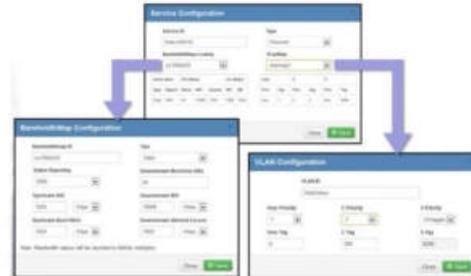
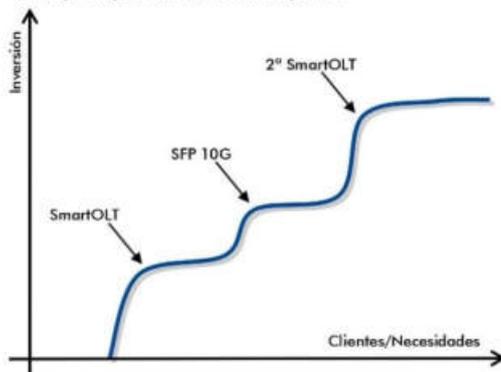
Limitación de ancho de banda y servicios IPTV

La solución TELNET para GPON proporciona anchos de banda garantizados y políticas de *best effort* tanto en bajada como en subida, y da la flexibilidad de definirlos de manera independiente por servicio y por usuario.

Las ONUs de TELNET son también capaces de filtrar tráfico en base a la dirección IP multicast. Esto permite al operador ofrecer distintos paquetes de canales por usuario sin necesidad de invertir en sistemas de encriptación caros y complejos.

Modularidad de puertos GbE y 10GbE

La modularidad de puertos GbE/10G facilita conexión de la SmartOLT a los sistemas del operador. En su configuración de serie, la SmartOLT de TELNET dispone de cuatro puertos Gigabit Ethernet eléctricos (RJ-45). Cada uno de estos puertos está vinculado a uno de los cuatro puertos PON disponibles. Esto significa que para poner en marcha una red GPON el operador solo tiene que preocuparse de disponer de un puerto GbE "libre" donde conectar la SmartOLT. Cuando el operador desee ampliar la conexión de sus sistemas a la SmartOLT a velocidad 10G, solo tiene que adquirir un SFP+ 10G de bajo coste.



Arquitectura de gestión centralizada

TELNET GPON Management System permite gestionar de manera unificada decenas de SmartOLT como si se tratase de un único sistema.

Este sistema de gestión permite crear perfiles de ONUs con los servicios correspondientes a cada oferta de servicios que tenga en cartera el operador, como telefonía, vídeo, datos, double-play o triple-play, permitiendo posteriormente asignar a la ONU de un abonado el paquete de servicios contratado de forma rápida e intuitiva.

También ofrece la posibilidad de ver el estado de las ONUs disponibles en cada red PON, su estado, y los servicios que tiene asignados en cada momento.

Este sistema de gestión está especialmente orientado a la usabilidad y a la facilidad de la gestión de los abonados, siendo muy sencilla la creación de perfiles y el descubrimiento de nuevas ONUs de abonados a las cuales asignarles estos perfiles para comenzar a darles servicio de una forma fácil y rápida.

La funcionalidad de gestión centralizada de las OLTs permite al operador incrementar la capacidad de su red con solo añadir una nueva SmartOLT a su rack y, con un solo click de ratón, exportar perfiles de usuario y ofertas de servicios. Además esta arquitectura modular aporta al operador significativas ventajas al no haber un punto singular de fallo ya que cada SmartOLT es independiente en sus necesidades de alimentación, supervisión y tratamiento de tráfico Gigabit Ethernet.



Hacemos posible la
Sociedad de la Información

WaveAccess 4032

4x1GbE + 2xPOTS + WiFi 802.11b/g/n + RF



WaveAccess 4032

Características

Terminal de red óptica (ONU) diseñado para su uso residencial y pequeñas empresas. Cumple con el ITU-T G.984 e integra funcionalidades de Gateway residencial, para proveer servicios de triple play y WiFi para acceso a red.

Tasa de datos

Maximiza las posibilidades de la red GPON permitiendo tasas de transferencia de 2.488 Gbps (Downstream) y 1.244 Gbps (Upstream)

KEY FEATURE

Interoperable

Compatible con las OLT GPON de los principales fabricantes del mercado*

Ópticas clase B+

Para transmitir y recibir potencia óptica de acuerdo con la ITU-T G.984.2.

ITU-T G.984 - OMCI

La implementación de la pila OMCI sigue la guía de implementación del estándar

KEY FEATURE

WiFi

La conmutación entre WiFi y LAN/WAN se realiza a nivel HW, permitiendo la tasa máxima de routing/bridging. Además, soporta 802.11 b/g/n para ofrecer gran velocidad y alcance.

Descifrado AES y codificación FEC

Compatible con descifrado AES-128 y codificación FEC, soportado tanto en ascendente como en descendente

Filtrado IPTV

Tiene capacidad de filtrado por dirección multicast de destino, lo cual permite ofrecer distintos paquetes de televisión IPTV para cada cliente incluso estando en la misma red PON

KEY FEATURE

RF Video Overlay

Transforma la señal de video a 1550nm, y gracias a su salida RF permite la conexión directa a un monitor.

Parámetros de fábrica configurables

El WaveAccess 4032 permite al operador realizar configuraciones "de fábrica" de manera que cuando el usuario aprieta el botón Reset, el equipo vuelve a dicha configuración, reduciendo así los costes operativos por incidencias

Familia TELNET WaveAccess

La familia WaveAccess de TELNET es una gama de terminales de red óptica basada en la tecnología GPON FTTH (Gigabit Passive Optical Network).

Este conjunto de ONUs ofrece una gran variedad de modelos con el fin de cumplir las necesidades del despliegue GPON, ofreciendo ONUs de nivel 2 y 3, en formato SFP, con puertos Gigabit Ethernet, WiFi, router integrado, puertos POTS y salida para cable coaxial para video RF sobre fibra (RF Overlay).

Esta variedad de ONUs permite al operador disponer del equipamiento adecuado para las distintas arquitecturas de acceso como Fibra hasta el hogar (FTTH), Fibra hasta el edificio (FTTB) o Fibra hasta la Oficina (FTTD), así como para distintos entornos como el residencial, industrial u oficinas.

Las ONUs de TELNET implementan la pila OMCI y soportan el etiquetado VLAN (802.1p y Q-in-Q), lo cual las hacen capaces de soportar los servicios definidos en el informe técnico Broadband Forum TR-156.

Todas las ONUs de la familia WaveAccess son 100% compatibles con la SmartOLT de TELNET, y su sistema de gestión web, el TGMS (TELNET GPON Management System). Mediante el TGMS, el operador puede configurar ofertas triple play en cuestión de minutos, y gestionar el parque de SmartOLTs y ONUs desplegados, todo ello desde un único interfaz web, y de manera sencilla e intuitiva.

Especificaciones técnicas

Características generales

2.5G en downstream y 1.25G en upstream
 4x10/100/1000 Base-T Ethernet
 2xPOTS interfaz telefónica para el servicio de VoIP
 WiFi 802.11b/g/n
 1x Coaxial RF tipo F
 Interoperable con las OLTs de los principales fabricantes*

GPON

Diseñado siguiendo la especificación ITU-T G.984.x y G.988
 Cumple con Broadband Forum TR-156
 Activación con descubrimiento automático de SN y contraseña en conformidad con la recomendación ITU-T G.984.3
 Cifrado AES-128 con generación de claves y conmutación
 FEC (Forward Error Correction) bidireccional
 Autodetección de Rogue ONU

Interfaz óptica

Conector SC/APC
 2,488 Gbps Downstream / 1,244G bps de ancho de banda
 Ópticas clase B + (28dB de presupuesto de pérdida óptica)
 Longitudes de onda: US 1310nm, DS 1490nm

Interfaz Ethernet

4 x 10/100/1000 Base-T interfaz para conectores RJ-45
 Etiquetado/intercambio VLAN por puerto Ethernet
 VLAN stacking (Q-in-Q), traducción y filtrado VLAN
 Marcado de tráfico usando 802.1p
 IGMP Snooping, soporte para IGMP v1/v2/v3
 Filtrado de video multicast basado en dirección multicast destino

Interfaz POTS

2xconector RJ-11
 Soporta múltiples codecs: G.711ALaw, G.711µLaw, G.729a, G.722

Router

Funcionalidad de cliente PPPoE
 Funcionalidad NAT/NATP
 Servidor/cliente DHCP para asignación dinámica de direcciones IP

WLAN

WiFi IEEE 802.11 b/g/n
 Banda de frecuencias 2.4GHz, con 13 canales
 Seguridad WEP, WPA y WPA2. Autenticación WPS
 Conmutación WiFi-LAN/WAN wireless

Instalación

Dimensiones
 217mmx167mmx39mm
 Peso: <1Kg
 Fuente de alimentación 12V DC / 2A
 Rango de funcionamiento
 Temperatura: 0 – 55° Celsius
 Humedad: 10 – 90% de humedad relativa

RF

Longitudes de onda: 1550-1560 nm
 Ancho de banda RF: 47 - 1003 MHz
 Rango de potencia óptica de entrada: -8 a 2 dBm
 Impedancia RF Zout = 75 ohm

Información para pedido

Nombre: WaveAccess 4032

Referencia:



*Contacte para más información sobre modelos de OLT que soporta interoperabilidad

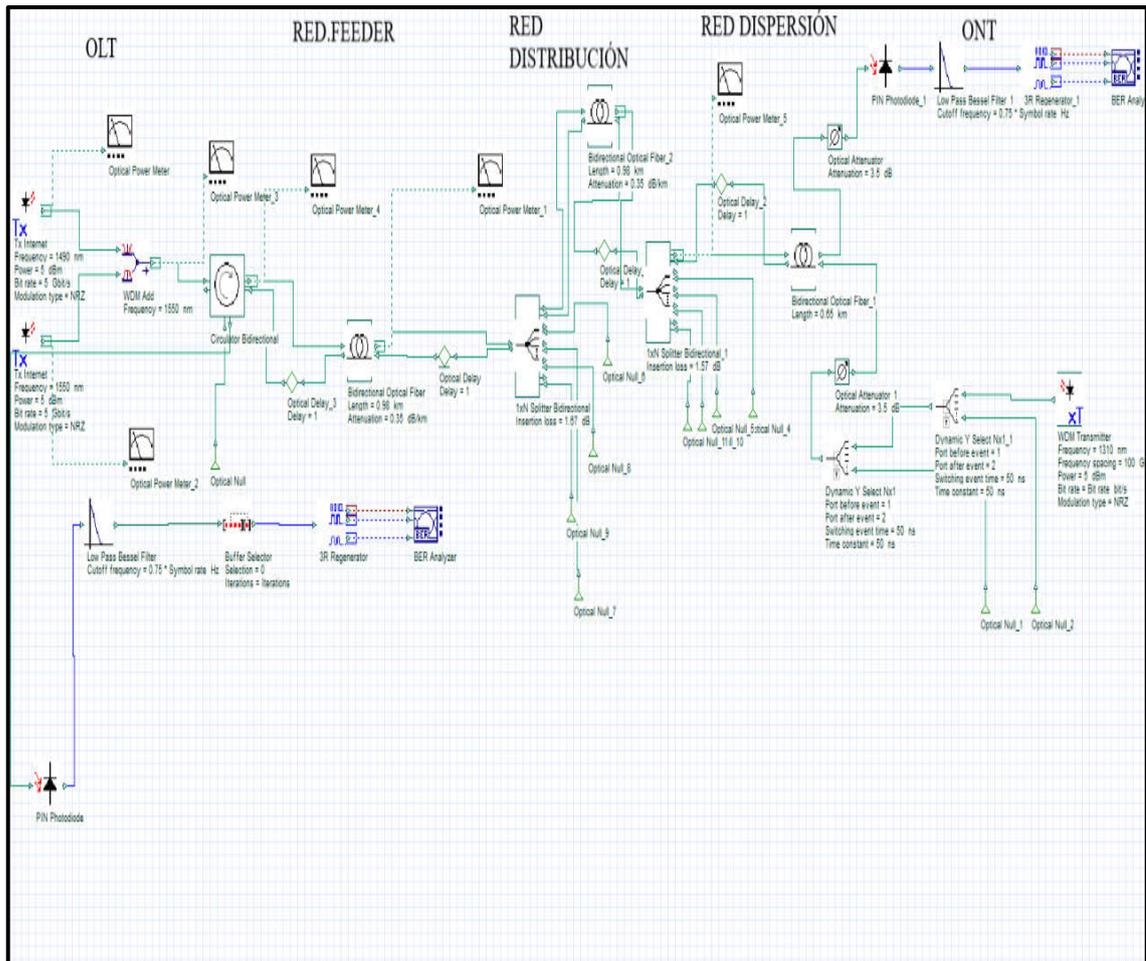
Información de Contacto

TELNET Redes Inteligentes
 Oficinas Centrales
 Polígono Industrial Centrovía
 c/ Buenos Aires, 18
 50198 La Muela, Zaragoza
 España
 Teléfono: (+34) 976 14 18 00
 Fax: (+34) 976 14 18 10
 telnet@telnet-ri.es

Oficina Comercial en Madrid
 Avda. Menéndez Pelayo, 85 - 1º A
 28007 Madrid
 España
 Teléfono: (+34) 91 434 39 92
 Fax: (+34) 91 434 40 84

Filial en Portugal
 NETIBERTEL
 Av. Fontes Pereira de Melo, 35 - 14ºD
 1050-118 Lisboa
 Portugal
 comercial_pt@telnet-ri.es

ANEXO F: Diseño de la simulación





**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO**

**DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS Y RECURSOS
DE LA PRENDIZAJE**



UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS
REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 22 / 07 / 2021

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Nombres – Apellidos: DANNY ALEJANDRO LEÓN VILEMA
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
Carrera: ELECTRÓNICA, TELECOMUNICACIONES Y REDES
Título a optar: INGENIERO EN ELECTRÓNICA, TELECOMUNICACIONES Y REDES
f. Analista de Biblioteca responsable: Lcdo. Holger Ramos, MSc.



Firmado electrónicamente por:
**HOLGER
GERMAN RAMOS
UVIDIA**

1372-DBRA-UPT-2021