



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y REDES DE COMUNICACIÓN**

**“DISEÑO DE UNA RED PASIVA ÓPTICA (PON) DE ARQUITECTURA FTTH  
BASADO EN LA TECNOLOGÍA XG-PON PARA LA EMPRESA ALFATEL EN LOS  
BARRIOS SAN MIGUEL Y SAN VICENTE EN LA PARROQUIA CRISTÓBAL  
COLÓN DE LA PROVINCIA DEL CARCHI”**

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

**AUTOR: KEVIN SANTIAGO BOLAÑOS ERAZO**

**DIRECTOR: MSc. JAIME ROBERTO MICHILENA CALDERÓN**

**ASESOR: MSc. CARLOS ALBERTO VÁSQUEZ AYALA**

**ASESOR: MSc. JOSÉ ROBERTO MARCILLO DEL CASTILLO**

**IBARRA-ECUADOR**

**2022**



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

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

**IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA**

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DEL CONTACTO			
Cédula de identidad:	0401984489		
Apellidos y nombres:	Bolaños Erazo Kevin Santiago		
Dirección:	San Gabriel – Calles Los arrayanes entre Colón y Panamericana		
E-mail:	ksbolanose@utn.edu.ec		
Teléfono Fijo:	-	Teléfono móvil:	0990827408
DATOS DE LA OBRA			
Título:	DISEÑO DE UNA RED PASIVA ÓPTICA (PON) DE ARQUITECTURA FTTH BASADO EN LA TECNOLOGÍA XG-PON PARA LA EMPRESA ALFATEL EN LOS BARRIOS SAN MIGUEL Y SAN VICENTE EN LA PARROQUIA CRISTÓBAL COLÓN DE LA PROVINCIA DEL CARCHI		
Autor :	Bolaños Erazo Kevin Santiago		
Fecha:	26 – 01 – 2022		
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO			
Programa:	Pregrado		
Título por el que opta:	Ingeniero en Electrónica y Redes de Comunicación		
Director:	Ing. Jaime Michilena Calderón, MSc		

## CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de esta y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 18 días del mes de mayo de 2022

EL AUTOR:



---

Bolaños Erazo Kevin Santiago

C.I. 0401984489



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

Ing. Jaime Michilena Calderón, MSc, director del presente Trabajo de Titulación certifica:

Que, el presente trabajo de titulación “Diseño de una red pasiva óptica (PON) de arquitectura FTTH basado en la tecnología XG-PON para la empresa Alfatel en los barrios San Miguel y San Vicente en la parroquia Cristóbal Colón d la Provincia del Carchi”, fue realizado en su totalidad por el Sr. Bolaños Erazo Kevin Santiago, bajo mi supervisión.

Es todo en cuanto puedo certificar en honor a la verdad.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Jaime Michilena Calderón', is written over a horizontal line. The signature is stylized and cursive.

Ing. Jaime Michilena Calderón, MSc

C.I. 1002198438

## DEDICATORIA

*El presente trabajo investigativo lo dedico principalmente a Dios, por ser el inspirador y el guía en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados en mi vida.*

*A mis padres Henry y Rosy dedico este trabajo, por su amor, esfuerzo y sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes he logrado llegar hasta aquí y convertirme en lo que soy. Ha sido el orgullo y el privilegio de ser su hijo, son los mejores padres.*

*Santiago Bolaños*

## AGRADECIMIENTO

*En primer lugar, agradezco a Dios por darme la fuerza, la paciencia y sabiduría para lograr culminar uno de mis objetivos.*

*Agradezco a mi director de tesis Ing. Jaime Michilena, por saber guiarme en la realización de este trabajo de titulación, ya que su apoyo siempre permanente fue el motivo por el cual pude empezar este proyecto y a su vez terminarlo.*

*También agradezco a mis padres Henry y Rosy por ser ese apoyo incondicional en el proceso de culminar de la mejor forma este proceso de formación y ser siempre mi ejemplo a seguir, los amo con mi vida.*

*A mis hermanos David y Alejandro por estar siempre presentes, acompañándome en este proceso y por el apoyo moral, que me brindaron a lo largo de esta etapa de mi vida.*

*A Vanessa por ser uno de los pilares más importantes desde el inicio de este proceso, que me ha apoyado en cada momento difícil y sobre todo en esta última etapa de formación.*

*Y a mis amigos más cercanos que me han apoyado y han hecho que el trabajo se realice con éxito en especial a aquellos que me abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos.*

*Santiago Bolaños*

## ÍNDICE CONTENIDO

IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA.....	II
CONSTANCIAS.....	III
CERTIFICACIÓN .....	IV
DEDICATORIA .....	V
AGRADECIMIENTO .....	VI
RESUMEN .....	XXVIII
ABSTRACT.....	XXXI
1. Capítulo: Antecedentes .....	1
1.1. Tema .....	1
1.2. Problema .....	1
1.3. Objetivos .....	3
1.3.1. Objetivo General.....	3
1.3.2. Objetivos Específicos.....	3
1.4. Alcance .....	4
1.5. Justificación .....	7
2. Capítulo: Marco teórico .....	11
2.1. Conceptos Generales de Fibra Óptica.....	11
2.1.1. Definición de Fibra Óptica.....	11
2.1.2. Estructura de la Fibra Óptica .....	12
2.1.3. Ventajas y Desventajas de la Fibra Óptica .....	13
2.1.3.1. Ventajas.....	13
2.1.3.2. Desventajas.....	13

2.1.4. Propagación de la luz en la Fibra Óptica .....	14
2.1.4.1. Definición.....	14
2.1.4.2. Velocidad de la luz.....	14
2.1.4.3. Reflexión.....	15
2.1.4.4. Refracción.....	17
2.1.4.5. Ángulo Crítico.....	18
2.1.4.6. Apertura Numérica.....	19
2.1.5. Tipos de Fibra Óptica.....	21
2.1.5.1. Fibra Monomodo.....	22
2.1.5.2. Fibra Multimodo de Índice Graduado.....	22
2.1.5.3. Fibra Multimodo de Índice Escalonado.....	23
2.1.6. Tipos de pérdidas en la Fibra Óptica .....	24
2.1.6.1. Atenuación de la fibra óptica.....	24
2.1.6.2. Absorción intrínseca.....	24
2.1.6.3. Absorción extrínseca.....	25
2.1.6.4. Dispersión lineal de Rayleigh.....	26
2.1.6.5. Dispersión lineal de Mie.....	26
2.1.6.6. Dispersión no lineal estimulada Brillouin.....	27
2.1.6.7. Dispersión no lineal estimulada Raman.....	27
2.1.6.8. Pérdidas por Macro curvaturas.....	27
2.1.6.9. Pérdidas por Micro curvaturas.....	28
2.1.6.10. Dispersión Modal.....	29
2.1.6.11. Dispersión Material.....	29

2.1.6.12. Dispersión de Guía de Onda.....	30
2.1.6.13. Pérdidas por conector.....	31
2.1.7. Ventanas de Transmisión en la Fibra Óptica .....	32
2.1.8. Tipos de cables en la Fibra Óptica.....	33
2.1.8.1. Tipos de cables de estructura ajustada.....	33
2.1.8.2. Cable simplex y dúplex (zipcord).....	34
2.1.8.3. Cable de distribución.....	34
2.1.8.4. Cable “breakout”.....	35
2.1.8.5. Cable de estructura holgada.....	36
2.1.8.6. Cable tipo cinta (ribbon).....	37
2.1.8.7. Cable blindado.....	38
2.1.9. Tipos de tendido en la Fibra Óptica.....	39
2.1.9.1. Tendido Canalizado.....	39
2.1.9.2. Tendido Aéreo.....	40
2.1.10. Tipos de conexiones en Fibra Óptica.....	40
2.1.10.1. Conexiones por Empalme Mecánico.....	41
2.1.10.2. Conexiones por Empalme de fusión.....	41
2.1.10.3. Conexiones por Conectores.....	42
2.2. Redes PON.....	44
2.2.1. Definición de una Red PON .....	44
2.2.2. Tipos de Redes PON.....	45
2.2.2.1. APON.....	45
2.2.2.2. BPON.....	46

2.2.2.3. EPON. ....	46
2.2.2.4. GEPON.....	46
2.2.2.5. GPON.....	46
2.2.2.6. XGPON. ....	47
2.2.3. Comparativa de Redes PON .....	47
2.2.4. Ventajas de las redes PON.....	48
2.2.4.1. Consumo energético eficiente. ....	48
2.2.4.2. Infraestructura y actualización más sencilla.....	48
2.2.4.3. Uso eficaz de la infraestructura. ....	48
2.2.4.4. Facilidad de mantenimiento. ....	48
2.3. Redes XG-PON.....	49
2.3.1. Definición de redes XG-PON .....	49
2.3.2. Arquitectura de redes ópticas XG-PON.....	49
2.3.2.1. Red de Arquitectura. ....	50
2.3.2.2. Escenario FTTH. ....	50
2.3.3. Escenarios de Migración.....	52
2.3.3.1. Migración de PON heredado a XG-PON.....	52
2.3.3.2. Escenario de migración del campo marrón de PON. ....	52
2.3.3.3. Escenario de migración del campo verde de PON.....	53
2.3.3.4. Migración de PON heredado a XG-PON.....	53
2.3.4. Requisitos de Capa Física .....	54
2.3.4.1. Características de la fibra. ....	54
2.3.4.2. Longitudes de onda para XG-PON. ....	55

2.3.4.3.	Presupuesto de Potencia Óptica. ....	55
2.3.4.4.	Relación de división. ....	56
2.3.4.5.	Distancia de fibra óptica.....	57
2.3.5.	Requisitos de Nivel del Sistema .....	58
2.3.5.1.	Ahorro de energía y eficiencia energética.....	58
2.3.5.2.	Autenticación/identificación/cifrado.....	58
2.3.5.3.	Ancho de banda dinámico.....	59
2.3.5.4.	Seguridad ocular.....	59
2.3.6.	Requerimientos Operacionales .....	60
2.3.6.1.	ONU gestionada por OMCI.....	60
2.3.6.2.	ONU de doble gestión.....	60
2.3.6.3.	Supervisión PON.....	61
2.4.	Arquitecturas de Red de Fibra Óptica (FTTH).....	62
2.4.1.	Definición de Arquitectura FTTH .....	62
2.4.2.	Componentes de Arquitectura FTTH.....	62
2.4.2.1.	OLT.....	63
2.4.2.2.	ONU y ONT.....	64
2.4.2.3.	Módulo transceptor SFP.....	65
2.4.2.4.	Cables de fibra óptica.....	65
2.4.2.5.	Conectores y acopladores de fibra óptica.....	66
2.4.2.6.	Splitters.....	67
2.4.2.7.	Pigtails y Patch Cords.....	68
2.4.2.8.	Mangas de empalme.....	69

2.4.2.9. ODF.....	70
3. Capítulo: Situación actual.....	71
3.1. Análisis de la demanda y oferta.....	71
3.1.1. Las herramientas de la demanda y oferta.....	71
3.1.1.1. La curva de Demanda.....	72
3.1.1.2. La curva de Oferta.....	73
3.2. Distribución territorial y poblacional.....	74
3.2.1. Ubicación geográfica de la parroquia de Cristóbal Colón.....	74
3.2.2. Distribución territorial de la Parroquia Cristóbal Colón.....	76
3.2.3. Distribución poblacional de la Parroquia de Cristóbal Colón.....	79
3.2.4. Proyecciones de Población.....	81
3.3. Situación actual de Abonados – Proveedores y proyecciones de abonados.....	83
3.3.1. Situación actual de Abonados.....	83
3.3.2. Situación actual de Proveedores de Internet.....	85
3.3.3. Proyecciones de abonados.....	85
3.4. Opinión y necesidades de los abonados.....	88
3.5. La herramienta del muestreo.....	89
3.5.1. El universo o población.....	89
3.5.2. La muestra.....	89
3.5.3. Margen de error.....	89
3.5.4. Nivel de confianza.....	89
3.5.5. El tamaño de la muestra y su cálculo.....	90
3.6. Recolección y análisis de datos de encuesta realizada.....	92

3.6.1. Datos obtenidos de encuestas.....	92
3.6.2. Análisis de datos obtenidos.....	94
3.6.2.1. Pregunta 1: Barrio de residencia. ....	94
3.6.2.2. Pregunta 2: Tiempo de conexión a Internet .....	95
3.6.2.3. Pregunta 3: Ancho de banda actual. ....	95
3.6.2.4. Pregunta 4: Costo de plan de navegación.....	96
3.6.2.5. Pregunta 5: Aumentar plan de navegación.....	96
3.6.2.6. Pregunta 6: Nuevo ancho de banda. ....	97
3.6.2.7. Pregunta 7: Nuevo costo de plan de navegación.....	97
3.6.2.8. Pregunta 8: Nivel de satisfacción.....	98
3.6.2.9. Pregunta 9: Cambio de proveedor.....	98
3.6.3. Conclusión final de análisis de datos obtenidos .....	99
4. Capítulo: Diseño de la red óptica pasiva y pruebas de funcionamiento .....	100
4.1. Requerimientos de diseño de la red .....	100
4.1.1. Zona de estudio – barrios San Miguel y San Vicente.....	100
4.1.2. Distribución y proyección de abonados .....	101
4.1.3. Especificaciones de la tecnología XG-PON .....	102
4.1.4. Elementos que conforman la red FTTH.....	103
4.1.4.1. Elementos Activos.....	103
4.1.4.2. Elementos Pasivos.....	104
4.1.5. Velocidades requeridas por los abonados .....	104
4.2. Criterios de diseño de la red.....	105
4.2.1. Topología de división óptica a usar .....	106

4.2.2. Criterio de ubicación de equipos de red pasivos y activos .....	109
4.2.2.1. Criterio de ubicación de la OLT.....	110
4.2.2.2. Criterio de ubicación de Armarios ópticos de primer nivel. ...	112
4.2.2.3. Criterio de ubicación de Armarios ópticos de segundo nivel..	112
4.2.3. Tipos de cables de fibra óptica a utilizar en el diseño de la red.....	113
4.2.3.1. Atributos de fibra óptica de UIT-T G.652D.....	114
4.2.3.2. Atributos de fibra óptica de UIT-T G.657.A.....	115
4.3. Presupuesto de potencia y presupuesto de pérdida óptica .....	117
4.3.1. Conceptualización del presupuesto de potencia óptico .....	118
4.3.2. Conceptualización de la pérdida de potencia óptica .....	118
4.3.3. Especificaciones de capa dependiente de los medios físicos (PMD) .....	118
4.3.3.1. Parámetros físicos de una ODN simple.....	119
4.3.3.2. Parámetros de interfaces ópticas de OLT y ONT. ....	120
4.3.4. Cálculo del presupuesto de potencia óptico.....	122
4.3.5. Cálculo de la pérdida de potencia óptica .....	123
4.3.5.1. Atenuación por longitud de la fibra óptica.....	124
4.3.5.2. Atenuación de conexión por empalmes. ....	128
4.3.5.3. Atenuación de conexión por conectores.....	129
4.3.5.4. Atenuación por splitters. ....	130
4.3.5.5. El margen de atenuación o margen de guarda.....	132
4.3.5.6. Relación y cálculo del presupuesto de pérdida óptica + margen de atenuación. ....	132
4.3.5.7. Potencia recibida en el receptor óptico. ....	134

4.4. Diseño de la red óptica pasiva .....	136
4.4.1. Software a usar para el diseño de la red.....	136
4.4.2. Redes de acceso de fibra óptica para arquitectura FTTH .....	138
4.4.2.1. Red Feeder o Troncal. ....	138
4.4.2.2. Red Distribución. ....	141
4.4.2.3. Red Dispersión. ....	147
4.4.3. Diseño final de la red óptica para los barrios San Miguel y San Vicente. ....	148
4.4.3.1. Caracterización de componentes de red FTTH. ....	149
4.4.3.2. Descripción y ubicación de la OLT.....	154
4.4.3.3. Descripción y ubicación de Armarios ópticos de primer nivel. ....	154
4.4.3.4. Descripción y ubicación de Armarios ópticos de segundo nivel. ....	157
4.4.3.5. Descripción y ubicación de reservas de fibra óptica. ....	165
4.4.3.6. Diagrama unifilar de la red óptica pasiva.....	175
4.4.3.7. Identificativos de cada elemento de la red óptica. ....	176
4.4.3.8. Diseño final y ubicación geográfica de la red óptica. ....	177
4.4.4. Especificaciones técnicas y costos de los equipos que conforman la red FTTH para tecnología XG-PON.....	182
4.4.4.1. Especificaciones técnicas y costo de equipo – OLT. ....	183
4.4.4.2. Especificaciones técnicas y costos de equipo – ONT. ....	190
4.4.4.3. Detalles técnicos y costo de equipo – ODF.....	196

4.4.4.4. Especificaciones técnicas y costo de equipo – Armarios ópticos	
1L.	197
4.4.4.5. Especificaciones técnicas y costo de equipo – Armarios ópticos	
2L.	200
4.4.4.6. Especificaciones técnicas y costo de equipo – Splitters.....	203
4.4.4.7. Especificaciones técnicas y costo de equipo – Roseta óptica.	205
4.4.4.8. Especificaciones técnicas y costo de fibra – Cable red Feeder.	
	207
4.4.4.9. Especificaciones técnicas y costo de fibra – Cable red	
Distribución.....	210
4.4.4.10. Especificaciones técnicas y costo de fibra – Cable red	
Dispersión. ....	214
4.4.4.11. Especificaciones técnicas y costo de fibra – Pigtaills. ....	218
4.4.4.12. Especificaciones técnicas y costo de fibra – Patch Cords. ....	220
4.4.4.13. Especificaciones técnicas y costo de componente – Tubillos de	
fusión.	222
4.5. Simulación de la red óptica pasiva.....	224
4.5.1. Red óptica a simular.....	224
4.5.2. Prueba de funcionamiento de la red – cliente más lejano.....	226
4.5.3. Prueba de funcionamiento de la red – cliente más cercano .....	228
4.5.4. Conclusión final sobre las pruebas de funcionamiento y diseño de la red	229
5. Capítulo: Análisis financiero .....	232
5.1. Flujo de caja.....	232

5.1.1. Egresos del proyecto .....	233
5.1.1.1. Egresos totales de equipos activos. ....	233
5.1.1.2. Egresos totales de equipos pasivos.....	233
5.1.1.3. Egresos totales de personal operativo. ....	234
5.1.1.4. Egresos totales de movilización. ....	235
5.1.1.5. Egresos totales de mantenimiento. ....	235
5.1.2. Ingresos del proyecto .....	236
5.1.2.1. Ingresos totales por prestación de servicio.....	237
5.1.2.2. Ingresos totales por instalación. ....	238
5.1.3. Egresos e ingresos totales .....	239
5.2. Valor presente neto .....	240
5.3. Periodo de recuperación de la inversión. ....	242
5.4. Resumen de análisis del VPN y PRI.....	243
6. Conclusiones.....	245
7. Recomendaciones .....	247
8. Referencias.....	249

### ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: .....	12
Figura 2: .....	16
Figura 3: .....	17
Figura 4: .....	18
Figura 5: .....	19
Figura 6: .....	20

Figura 7: .....	22
Figura 8: .....	23
Figura 9: .....	23
Figura 10: .....	25
Figura 11: .....	26
Figura 12: .....	28
Figura 13: .....	28
Figura 14: .....	29
Figura 15: .....	30
Figura 16: .....	31
Figura 17: .....	31
Figura 18: .....	33
Figura 19: .....	34
Figura 20: .....	35
Figura 21: .....	36
Figura 22: .....	37
Figura 23: .....	38
Figura 24: .....	39
Figura 25: .....	41
Figura 26: .....	42
Figura 27: .....	43
Figura 28: .....	45
Figura 29: .....	50

Figura 30: .....	51
Figura 31: .....	54
Figura 32: .....	56
Figura 33: .....	57
Figura 34: .....	63
Figura 35: .....	64
Figura 36 .....	65
Figura 37 .....	66
Figura 38 .....	67
Figura 39 .....	68
Figura 40 .....	69
Figura 41 .....	70
Figura 42 .....	72
Figura 43 .....	73
Figura 44 .....	77
Figura 45 .....	78
Figura 46 .....	101
Figura 47 .....	103
Figura 48 .....	107
Figura 49 .....	110
Figura 50 .....	112
Figura 51 .....	124
Figura 52 .....	125

Figura 53 .....	126
Figura 54 .....	136
Figura 55 .....	137
Figura 56 .....	138
Figura 57 .....	139
Figura 58 .....	140
Figura 59 .....	142
Figura 60 .....	143
Figura 61 .....	144
Figura 62 .....	147
Figura 63 .....	154
Figura 64 .....	155
Figura 65 .....	156
Figura 66 .....	157
Figura 67 .....	158
Figura 68 .....	159
Figura 69 .....	160
Figura 70 .....	161
Figura 71 .....	162
Figura 72 .....	163
Figura 73 .....	164
Figura 74 .....	166
Figura 75 .....	167

Figura 76 .....	168
Figura 77 .....	169
Figura 78 .....	170
Figura 79 .....	171
Figura 80 .....	172
Figura 81 .....	173
Figura 82 .....	174
Figura 83 .....	175
Figura 84 .....	176
Figura 85 .....	178
Figura 86 .....	179
Figura 87 .....	180
Figura 88 .....	185
Figura 89 .....	185
Figura 90 .....	186
Figura 91 .....	187
Figura 92 .....	191
Figura 93 .....	196
Figura 94 .....	198
Figura 95 .....	201
Figura 96 .....	204
Figura 97 .....	206
Figura 98 .....	208

Figura 99 .....	211
Figura 100 .....	215
Figura 101 .....	218
Figura 102 .....	220
Figura 103 .....	222
Figura 104 .....	225
Figura 105 .....	225
Figura 106 .....	226
Figura 107 .....	227
Figura 108 .....	229
Figura 109 .....	264
Figura 110 .....	264
Figura 111 .....	265
Figura 112 .....	265
Figura 113 .....	266
Figura 114 .....	266
Figura 115 .....	267
Figura 116 .....	267
Figura 117 .....	268
Figura 118 .....	269
Figura 119 .....	270
Figura 120 .....	271
Figura 121 .....	272

Figura 122 .....	273
Figura 123 .....	274
Figura 124 .....	275
Figura 125 .....	276
Figura 126 .....	277
Figura 127 .....	277
Figura 128 .....	278
Figura 129 .....	278
Figura 130 .....	279
Figura 131 .....	280

### ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 .....	43
Tabla 2 .....	47
Tabla 3 .....	75
Tabla 4 .....	79
Tabla 5 .....	80
Tabla 6 .....	80
Tabla 7 .....	81
Tabla 8 .....	82
Tabla 9 .....	84
Tabla 10 .....	84
Tabla 11 .....	85
Tabla 12 .....	86

Tabla 13 .....	90
Tabla 14 .....	93
Tabla 15 .....	102
Tabla 16 .....	114
Tabla 17 .....	115
Tabla 18 .....	119
Tabla 19 .....	120
Tabla 20 .....	121
Tabla 21 .....	128
Tabla 22 .....	129
Tabla 23 .....	131
Tabla 24 .....	149
Tabla 25 .....	150
Tabla 26 .....	152
Tabla 27 .....	177
Tabla 28 .....	188
Tabla 29 .....	189
Tabla 30 .....	191
Tabla 31 .....	192
Tabla 32 .....	193
Tabla 33 .....	197
Tabla 34 .....	198
Tabla 35 .....	200

Tabla 36 .....	202
Tabla 37 .....	203
Tabla 38 .....	205
Tabla 39 .....	207
Tabla 40 .....	208
Tabla 41 .....	209
Tabla 42 .....	210
Tabla 43 .....	212
Tabla 44 .....	212
Tabla 45 .....	214
Tabla 46 .....	215
Tabla 47 .....	216
Tabla 48 .....	217
Tabla 49 .....	219
Tabla 50 .....	219
Tabla 51 .....	221
Tabla 52 .....	222
Tabla 53 .....	223
Tabla 54 .....	223
Tabla 55 .....	227
Tabla 56 .....	228
Tabla 57 .....	233
Tabla 58 .....	234

Tabla 59 .....	234
Tabla 60 .....	235
Tabla 61 .....	236
Tabla 62 .....	238
Tabla 63 .....	239
Tabla 64 .....	240

### ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación [ 1 ] .....	15
Ecuación [ 2 ] .....	15
Ecuación [ 3 ] .....	19
Ecuación [ 4 ] .....	19
Ecuación [ 5 ] .....	81
Ecuación [ 6 ] .....	82
Ecuación [ 7 ] .....	86
Ecuación [ 8 ] .....	90
Ecuación [ 9 ] .....	91
Ecuación [ 10 ] .....	108
Ecuación [ 11 ] .....	108
Ecuación [ 12 ] .....	122
Ecuación [ 13 ] .....	123
Ecuación [ 14 ] .....	127
Ecuación [ 15 ] .....	127
Ecuación [ 16 ] .....	129

Ecuación [ 17 ].....	130
Ecuación [ 18 ].....	131
Ecuación [ 19 ].....	133
Ecuación [ 20 ].....	133
Ecuación [ 21 ].....	134
Ecuación [ 22 ].....	134
Ecuación [ 23 ].....	135
Ecuación [ 24 ].....	135
Ecuación [ 25 ].....	141
Ecuación [ 26 ].....	145
Ecuación [ 27 ].....	145
Ecuación [ 28 ].....	145
Ecuación [ 29 ].....	146
Ecuación [ 30 ].....	146
Ecuación [ 31 ].....	148
Ecuación [ 32 ].....	241
Ecuación [ 33 ].....	241
Ecuación [ 34 ].....	242
Ecuación [ 35 ].....	243

## RESUMEN

La presente investigación aborda el tema del diseño de una red de fibra óptica basado en la arquitectura FTTH de la tecnología XG-PON para los barrios San Miguel y San Vicente de la parroquia de Cristóbal Colón en la provincia del Carchi; por la razón de que existe una demanda baja de abonados sobre el servicio de Internet respecto a la cantidad de viviendas y residentes que viven actualmente en los barrios San Miguel y San Vicente, por lo que realizar el diseño de una nueva red de fibra óptica para el sector se vuelve un aspecto fundamental para ofertar un servicio de Internet que cubra con las necesidades de los residentes.

El objetivo principal de la presente investigación es realizar el diseño de la red de fibra óptica para los barrios San Miguel y San Vicente como una solución de oferta del servicio de Internet que brinde un ancho de banda que cubra las exigencias de los residentes a un costo accesible para los abonados. La metodología que se plantea es la denominada gestión en cascada debido a que se debe cumplir un proceso ordenado donde se establezcan los pasos de análisis de requisitos, análisis del diseño, pruebas de funcionamiento y operación del proyecto, que vincule cada paso del estudio y a su vez sirva como base para el desarrollo de la investigación. El primer paso de la metodología en cascada es delimitar la problemática que existe en la zona de estudio, que son los barrios San Miguel y San Vicente a la vez que se hace un estudio acerca de los antecedentes y se brinda una solución a esta problemática. Una vez que se establece la solución el siguiente paso es recopilar y analizar la documentación teórica que permite entender de forma más clara la operatividad de la arquitectura FTTH y la tecnología XG-PON. A continuación, el siguiente paso es realizar un estudio sobre la situación actual de los proveedores y abonados del servicio de Internet en los barrios San Miguel y San Vicente. Con este estudio preliminar se procede con el siguiente paso que es el diseño de la red óptica y las pruebas de funcionamiento

que indiquen cual es el resultado final y la correcta operatividad de la red al simular con un enfoque de implementación usando los requisitos de la tecnología XG-PON. Y finalmente, se obtiene un proceso en el que se debe analizar si la inversión del proyecto es rentable para lo cual se hace uso del método VPN, y si es rentable es necesario saber en qué tiempo se obtiene el retorno de la inversión usando el método del PRI. Con esta metodología se puede obtener excelentes resultados sobre todo en el análisis de la inversión y el costo-beneficio que existe en el presente proyecto.

Después de haber aplicado la metodología en la presente investigación sobre diseño de la red óptica de arquitectura FTTH con tecnología XG-PON se obtiene la conclusión final de que el proyecto sí es viable. El resultado que se obtiene sobre el diseño de la red óptica es que cubre las exigencias de los residentes de los barrios San Miguel y San Vicente en una relación de un ancho de banda de 50 Mbps a un costo de \$35 como un plan básico que se ve representado en base a la situación actual de la zona de estudio; además se tiene un resultado muy importante acerca del dimensionamiento de la red óptica debido a que permite cubrir un total de 256 potenciales abonados lo cual representa una oferta del servicio de Internet coherente respecto al número de viviendas que existen en los barrios San Miguel y San Vicente los cuales poseen un total de 296 hogares; en base a este previo criterio de análisis se obtiene otro resultado sobre la efectividad de una posible implementación de la red óptica, debido a que al simular la red óptica considerando el peor de los escenarios tanto para el cliente más lejano y más cercano se obtienen potencias de recepción en la ONT que se encuentran entre los -25 dBm y -24 dBm respectivamente los cuales son valores de potencia que está dentro del rango aceptado para la tecnología XG-PON de clase N1, lo que indica que la red óptica es diseñada correctamente y puede operar hasta en el peor de los escenarios. Los resultados que se tienen respecto al análisis financiero son en base al

presupuesto de inversión total el cual es de \$33938.43, dicha inversión según el valor presente neto (VPN) arroja que el proyecto es viable, y al ser viable se debe obtener un periodo de recuperación de la inversión (PRI) el cual es de 4 años con 3 meses y 11 días, siendo este aspecto el más importante ya que el proyecto sobre el diseño de la red óptica de arquitectura FTTH basado en tecnología XG-PON es rentable a largo plazo.

## ABSTRACT

The goal of this study is to build a fiber-optic network for the San Miguel and San Vicente neighborhoods in the parish of Cristobal Colon in the province of Carchi, using FTTH architecture and XG-PON technology. The reason for this is that the number of homes and residents currently living in the San Miguel and San Vicente neighborhoods has a low demand for Internet service subscribers, so designing a new fiber-optic network for the sector is a critical aspect of providing an Internet service that meets the needs of the residents.

The main objective of this research is to design a fiber-optic network for the San Miguel and San Vicente neighborhoods as a solution to offer Internet service that provides a bandwidth that meets the needs of residents at an affordable cost for subscribers. The proposed methodology is called cascade management because an organized process must be followed where the steps of requirements analysis, design analysis, functional testing, and operation of the project are established, linking each step of the study and serving as a basis for the development of the research. The first step of the cascade methodology is to delimit the problem that exists in the study area, i.e. in the San Miguel and San Vicente neighborhoods, while a background study is made and a solution is provided to this problem. Once the solution is established, the next step is to collect and analyze the theoretical documentation that allows a clearer understanding of the operation of FTTH architecture and XG-PON technology. The next step is to conduct a study on the current situation of Internet service providers and subscribers in the San Miguel and San Vicente neighborhoods. With this preliminary study, the next step is the design of the optical network and the performance tests that indicate the final result and the correct operation of the network when simulating with an implementation approach using the requirements of the XG-PON technology. And finally, a process is obtained in which it is necessary to analyze if the

investment of the project is profitable for which the VPN method is used, and if it is profitable, it is necessary to know at what time the return on investment is obtained using the PRI method.

With this methodology, excellent results can be obtained especially in the analysis of the investment and the cost-benefit that exists with the present project.

After having applied the methodology in this research on the design of the FTTH optical network architecture with XG-PON technology, the conclusion is that the project is feasible. The result obtained on the design of the optical network is that it covers the requirements of the residents of the San Miguel and San Vicente neighborhoods in a bandwidth ratio of 50 Mbps at a cost of \$35 as a basic plan represented based on the current situation of the study area; In addition, there is a very important result about the dimensioning of the optical network because it allows to cover a total of 256 potential subscribers, which represents an offer of Internet service consistent with the number of homes that exist in the neighborhoods of San Miguel and San Vicente, which have a total of 296 homes; Based on this previous analysis criteria, another result on the effectiveness of a possible implementation of the optical network is obtained, because when simulating the optical network considering the worst-case scenarios for both the farthest and the closest customer, reception powers in the ONT are between -25 dBm and -24 dBm respectively, which are power values that are within the standard range for the XG-PON technology of class N1, indicating that the optical network is properly designed and can operate even in the worst-case scenarios. The results of the financial analysis are based on the total investment budget, which is \$33938.43. This investment, according to the net present value (NPV), shows that the project is feasible and viable, it is necessary to obtain an investment recovery period (IRP) of 4 years, 3 months, and 11 days, this being the most critical aspect since

the project on the design of the FTTH optical network architecture based on XG-PON technology is profitable in the long term.

## **1. Capítulo: Antecedentes**

En este capítulo se da a conocer los antecedentes del presente trabajo de investigación, poniendo en contexto al lector acerca del tema del proyecto, la problemática que se encontró, los objetivos que se plantean cumplir conjuntamente con el alcance del proyecto y la justificación del porqué son factibles y debe realizarse este proyecto de investigación.

### **1.1. Tema**

DISEÑO DE UNA RED PASIVA ÓPTICA (PON) DE ARQUITECTURA FTTH BASADO EN LA TECNOLOGÍA XG-PON PARA LA EMPRESA ALFATEL EN LOS BARRIOS SAN MIGUEL Y SAN VICENTE EN LA PARROQUIA CRISTÓBAL COLÓN DE LA PROVINCIA DEL CARCHI.

### **1.2. Problema**

De acuerdo al censo poblacional 2010, la parroquia Cristóbal Colón posee 2.943 habitantes, correspondiente al 9.65% de la población cantonal; se ha experimentado una tasa de crecimiento promedio anual del 0,7%. La densidad poblacional de la parroquia es de 94.93 habitantes por km<sup>2</sup>, distribuidos en centros poblados consolidados como: Cabecera parroquial, El Ejido, Cumbaltar, Chicho Caico, San Juan, Chitan de Queles, San Miguel, Sixal. Sin embargo, el diseño de la red óptica pasiva se plantea hacerse para la zona con más densidad poblacional que pertenece a la Cabecera parroquial, siendo los barrios San Miguel y San Vicente que cuenta actualmente entre alrededor de 300 familias conformada por un promedio de 4 personas según la estadística proporcionada por el presidente del GAD parroquial. La empresa Alfotel que es una de las primeras empresas en brindar el servicio de internet en el cantón Montufar, que en sus

inicios solo poseía la red inalámbrica, y que los barrios San Miguel y San Vicente pertenecientes a la Parroquia de Cristóbal Colón son de los barrios que poseen entre algunos de sus residentes los servicios de la empresa. De tal manera los residentes poblacionales serán los beneficiarios del diseño de la red óptica pasiva además de las otras instituciones como son una unidad educativa, una sub centro de salud, un estadio, un coliseo, una cancha de uso múltiple, el GAD parroquial, la UPC, la tenencia política.

La parroquia de Cristóbal Colón se ha visto en un crecimiento de la población no muy significativa en números, pero si desde el punto de vista que la parroquia es cada vez más urbanizada, específicamente en los barrios San Miguel y San Vicente, por lo cual surge una problemática que es la falta de usar una red de internet basada en las nuevas tecnologías como son las redes de fibra óptica, debido a que ciertos residentes de la población aún usa el servicio de internet inalámbrico, que en la actualidad se vuelve una red que no satisface las necesidades de los usuarios, y este aspecto es el que se ha visto involucrada la empresa Alfatel, que posee varios abonados que usan el servicio inalámbrico, por lo que la problemática del servicio inalámbrico que usan los pobladores requiere de una solución inmediata para dar mejores prestaciones a las necesidades diarias de los residentes como también de las demás instituciones importantes como un subcentro de salud, tenencia política, GAD parroquial.

El proyecto sobre el diseño de una red óptica pasiva buscar dar una solución a la necesidad de dar conectividad a los residentes de la zona y otras instituciones. La solución es brindar el diseño de una red de fibra óptica basada en una nueva tecnología para las redes ópticas pasivas denominada XG-PON que es la versión más actual de las tecnologías de redes de transporte de fibra óptica. El principal interés de la empresa es actualizar su servicio inalámbrico al servicio de fibra óptica, de tal modo que siendo los beneficiarios los residentes de los barrios

San Miguel y San Vicente, se debe hacer uso de la arquitectura FTTH, además, con lo cual se dará una solución a largo plazo para la conectividad a la red de toda la zona de Cristóbal Colón y a su vez incrementar el área de cobertura de la empresa Alfatel. Siendo la expansión hacia otras zonas cercanas un aspecto del cual es provechoso dar la solución del diseño de la PON bajo la tecnología XG-PON, que específicamente se caracteriza por tener características de escalabilidad, adaptación a otras tecnologías PON, como por ejemplo G-PON.

### **1.3. Objetivos**

#### ***1.3.1. Objetivo General***

Diseñar una red de fibra óptica pasiva, mediante el uso de la tecnología XG-PON, con la finalidad de dar un servicio de calidad a los residentes de los barrios San Miguel y San Vicente de la Parroquia Cristóbal Colón.

#### ***1.3.2. Objetivos Específicos***

Realizar el estudio de la tecnología XG-PON, por medio de la investigación de la nueva norma de estandarización G.987.1 de la UIT-T de redes de fibra óptica pasiva.

Analizar la situación actual de conectividad en los barrios San Miguel y San Vicente de la Parroquia Cristóbal Colón, a través de la metodología de técnica de recolección de datos basado en encuestas.

Realizar la red de fibra óptica pasiva, mediante el uso de la norma G.987.1 de la UIT-T basado en la tecnología XG-PON y de la arquitectura de red FTTH, que permita cumplir las

necesidades de los residentes de los barrios San Miguel y San Vicente de la Parroquia Cristóbal Colón.

Realizar el análisis financiero de la viabilidad del desarrollo de la nueva PON en los barrios San Miguel y San Vicente de la Parroquia Cristóbal Colón, mediante el uso del Valor Presente Neto (VPN) como metodología de estudio financiero.

#### **1.4. Alcance**

De acuerdo al censo poblacional realizado en el año 2010, la parroquia Cristóbal Colón posee 2.943 habitantes, correspondiente al 9.65% de la población cantonal; se ha experimentado una tasa de crecimiento promedio anual del 0,7%. Específicamente para los barrios San Miguel y San Vicente, se tiene un total de 300 familias conformadas de entre 3 a 4 miembros. La cabecera parroquial se conforma netamente de los barrios San Miguel y San Vicente, y es así que, en base a este dato estadístico, se dará la solución sobre el desarrollo del diseño de una red de fibra óptica pasiva que use la tecnología XG-PON y basado en la arquitectura de red FTTH, para brindar un servicio de internet de alta velocidad que cumpla con las necesidades de los usuarios. (Consultoría Grupo ACME, 2015).

La metodología PMBOK del PMI identifica 5 macroprocesos en los que se incluyen los 47 procesos estándares que intervienen en cualquier proyecto, estos procesos son: El Inicio del proyecto, La planificación del proyecto, La ejecución del proyecto, El control y monitorización del proyecto, y El cierre del proyecto. Dentro de las áreas de la metodología PMBOK, la Gestión del Alcance del proyecto, que, según el PMBOK, la gestión del alcance del proyecto incluye los procesos necesarios para garantizar que el proyecto incluya únicamente el trabajo requerido para completarlo con éxito. La Declaración del Alcance del Proyecto detallada y aprobada y

la EDT/WBS (Estructura de Descomposición del Trabajo) asociada, junto con su diccionario constituyen la línea de base del alcance del proyecto. La cual, será monitoreada, verificada y controlada a lo largo del ciclo de vida del proyecto. La metodología del PMBOK, identifica 6 procesos para llevar a cabo la gestión del alcance del proyecto: Planificar la Gestión del Alcance, Recopilar Requisitos, Definir el Alcance, Crear la EDT/WBS, Validar el Alcance, Controlar el Alcance. (Project Management Institute, 2021)

El estudio de la normativa G.987.1 de la UIT-T de redes de fibra óptica pasiva se lo hace respecto a su última actualización efectuada en mayo del 2020. La tecnología XG-PON tiene su nacimiento en el año 2016 y desde entonces ha tomado gran relevancia en los diseños actuales y de implementación. Respecto al escenario FTTH, se tiene similitudes entre XG-PON y su antecesor, como que 10G GPON y GPON comparten un ODN, pero debido a la diferente longitud de onda entre 10G GPON y GPON, se necesita un dispositivo de multiplexación por división de longitud de onda pasiva WDM1r. Sin embargo, XG-PON tiene varios parámetros funcionales que superar significativamente a G-PON, siendo estos: su mayor ancho de banda que pasa de ser 2,5Gbits a 10Gbits, también su cambio en la longitud de onda a una ventana entre los 1570nm donde se tienen las menores pérdidas de potencia, y también su mayor rango de multiplexación cambiando de 1:128 a 1:256. (Unión Internacional de Telecomunicaciones - Recomendación UIT-T G.987.1, 2020)

En la solución del diseño de una red óptica pasiva con tecnología XG-PON, se incluirá el análisis de la zona poblacional y sus condiciones actuales sobre el servicio de internet, y en base a este estudio preliminar, entregar un diseño óptimo que cuente con la nueva tecnología y la misma se acople a las redes que usan tecnología G-PON, esperando a partir de este aspecto dar una solución a la problemática que se encuentra en la zona sobre las condiciones actuales del

servicio de internet, y además, del proyecto se debe generar un informe que detalle la viabilidad del desarrollo de la nueva PON, que cubra los gastos iniciales y a su vez se generen nuevos egresos para la empresa, dando a cumplir otro de los objetivos por los cuales se sienta como base el proyecto. Se tiene el dato estadístico sobre el uso de internet en el hogar, que indica que Según el Censo de Población y Vivienda del 2010 apenas el 2,27 % de los hogares contaban con internet en casa (19 casos), y para enero del 2020 el número de viviendas encuestadas que aseguraron contar con internet en casa ascendieron al 18,39% del total de viviendas encuestadas lo que hace creer en una ampliación de la cobertura de internet a razón del 0,81% anual. (Cuasapas, 2020)

El proyecto conlleva en su diseño el uso de la tecnología XG-PON estandarizada en la normativa G.987.1 de la UIT-T de redes de fibra óptica pasiva que proporciona las ventajas que radican en la estandarización, madurez, costo y consumo de energía en comparativa con su anterior versión la G-PON. Usar la tecnología XG-PON, conocido también como 10G-PON, brinda una mejora de GPON, que define un mecanismo de migración para adquirir una señal para el usuario de 10 Gbits y 2,5 Gbits del usuario. La señal descendente para el usuario XGPON se define en el rango de 1575 nm a 1580 nm, y la señal ascendente del usuario de 1260 nm a 1280 nm. El 10G-PON tiene una arquitectura de punto a multipunto (P2MP) similar a GPON y es capaz de admitir diversos escenarios de acceso, entre los que se encuentra como fibra al hogar (FTTH). (Unión Internacional de Telecomunicaciones - Recomendación UIT-T G.987.1, 2020)

El Valor Presente Neto (VPN) es el método más conocido a la hora de evaluar proyectos de inversión a largo plazo. El Valor Presente Neto permite determinar si una inversión cumple con el objetivo básico financiero: que es maximizar la inversión de una empresa. El Valor Presente Neto permite determinar si dicha inversión puede incrementar o reducir el valor de

las PyMES. La empresa Alfatel en sus objetivos como entidad tiene el interés de maximizar sus ingresos respecto a la inversión de capital en proyectos de redes de fibra óptica a largo plazo. La gerente del área financiera entregó el dato sobre la inversión inicial que se da a proyectos similares como es el caso del presente estudio, indicando que esta inversión es de \$30000 a \$35000, con un retorno de ganancia a partir del 5to año de haberse implementado el proyecto. Por lo que realizar el análisis de la inversión a largo plazo de este proyecto brinda una forma de evaluar qué inversión total se deberá hacer para la implementación futura del proyecto en base al valor presente neto. (Didier Váquiro C., 2019)

### **1.5. Justificación**

Los requerimientos y exigencias de los usuarios y empresas hacia sus proveedores de Internet son cada vez más ambiciosos. Servicios como telefonía móvil, telefonía fija, video e Internet deben satisfacer las demandas de los clientes, es por eso que las empresas proveedoras de dichos servicios deben contar con una infraestructura adecuada para brindar un excelente servicio.

Los datos de estudio que se han realizado en la parroquia de Cristóbal Colón indican las distintas variables sobre las cuales se hace el análisis de la deficiencia de los sistemas de internet en la zona, ya que, al ser una parroquia rural, los servicios de internet no son lo más adecuados para las necesidades de los residentes.

En la parroquia de Cristóbal Colón, existe una escasa cobertura de internet puesto que la mayoría de estudiantes asisten a instituciones educativas ubicadas en la cabecera cantonal en muchos casos y para los estudios universitarios se desplazan a Tulcán, Ibarra y en su gran mayoría Quito. Según la matriz de acceso a las telecomunicaciones, en el área de cobertura de

internet se tiene que el acceso es limitado únicamente para la zona urbana siendo la de la cabecera parroquial. (INEC, 2016)

Otro ejemplo, es que respecto al nivel de educación de la parroquia Cristóbal Colón, existe un 93,45% de personas que asisten a establecimientos de enseñanza primaria, un 68,42 de personas que asisten establecimientos de educación secundaria; y solamente, el 49,03% de asistencia al bachillerato. De esto se deduce que, o bien los estudiantes buscan otros centros de estudios en ciudades con mayores y mejores alternativas, o prefieren abandonar los estudios y dedicarse a las actividades productivas, siendo sospechoso el hecho que alrededor del 20% de estudiantes no concluyan el bachillerato. Para que se produzca la deserción estudiantil existen factores económicos, culturales y demográficos que inciden en el abandono del proceso educativo impidiendo su formación profesional. (GAD Montúfar, 2016)

Por otro lado, respecto a las telecomunicaciones en general a modo de análisis, se dispone de telefonía celular, fija y acceso a internet, pero solamente en la cabecera se identifican infocentros proveedores del servicio de internet para la comunidad. La principal amenaza al componente de conectividad de la parroquia es la falta de cobertura de servicio. Se ha mencionado que el acceso al servicio de internet no es el óptimo, y se limita a las áreas urbanas, al igual que la accesibilidad a la telefonía fija. (ARCOTEL, 2020)

Lo que radica en que la disponibilidad de computadoras, existen cerca de 600 hogares en toda la parroquia que sí las disponen, y representan el 9,9% de la población; mientras que existen 153 hogares que disponen internet, el cual representa cerca del 20% de la población. La parroquia cuenta con un infocentro, que permite a la población acceder a internet gratuito. Además, se dan facilidades de capacitaciones en computación básica y avanzada.

La cobertura de internet corresponde a nivel cantonal al 60,9%, sin embargo, cabe anotar que las coberturas bajas corresponden a las parroquias rurales. Además, cabe indicar que no solamente se tiene acceso a internet en los hogares sino también a través de los “cyber” localizados principalmente en San Gabriel. Se arroja la estadística que en el 2015 el acceso a internet por televisión por cable era del 21,7% de los residentes de la parroquia Cristóbal Colón que si tenían acceso. (GAD Montúfar, 2015)

Según la matriz de Componente de movilidad, energía y conectividad: Matriz para priorización de potencialidades y problemas, se indica en el área de las telecomunicaciones existe un déficit de cobertura de red fija, móvil e internet en las comunidades, y se cuenta con zonas wifi en el casco urbano de la parroquia (Consultoría Grupo ACME, 2015)

Aunque en los últimos años se han optado por dar soluciones a la problemática de la falta de conectividad de acceso a internet, el GAD de Montufar tiene el objetivo de que seis puntos WiFi gratuitos para internet se habilitarán en la ciudad de San Gabriel, comunidades y parroquias de Montúfar para que los infantes y jóvenes del cantón accedan a la conectividad, gracias al financiamiento de la Agencia de Naciones Unidas (Acnur). Andrés Chulde, concejal rural, manifestó que la municipalidad ampliará la red y los equipos donados por la Acnur, posibilitando una mejor conexión a internet en la comunidad de San Pedro (parroquia de Piartal), parroquia Cristóbal Colón, comunidad El Colorado (parroquia La Paz), comunidad El Capulí, sector La Posta (parroquia San José) y barrio Santa Rosa, parroquia (González Suárez). Ernesto León, jefe de Sistemas de la municipalidad, informó que se ampliará el ancho de banda para ofertar calidad y velocidad en la conexión del internet de 300 a 400 megas, de las cuales 100 son para el Municipio y los 300 restantes están distribuidas en 13 zonas Wifi, 74 puntos de internet a las

unidades educativas y GADs Parroquiales y los seis puntos Wifi que se van a implementar. (La Noticia TV, 2020)

En el aspecto de los proveedores actuales del servicio de internet, se tiene que existen varias empresas que se encuentran ya operando en el cantón Montúfar, pero los proveedores que han llegado a dar cobertura a la parroquia de Cristóbal Colón son: CNT, AndinaRed, Movitech, y Linknet Technology, siendo escasos los proveedores que han podido llegar a brindar cobertura en la parroquia de Cristóbal Colón. (ARCOTEL, 2021)

## 2. Capítulo: Marco teórico

Este capítulo da a conocer brevemente los conceptos básicos sobre los sistemas de fibra óptica, también se pone en contexto al lector sobre la tecnología que se va a usar para el diseño de la red de fibra óptica y el tipo de arquitectura que se va a ejecutar en el diseño. Estas definiciones dan al lector un enfoque más detallado sobre la fundamentación teórica del presente trabajo de investigación sobre el diseño de una red FTTH con tecnología XG-PON.

### 2.1. Conceptos Generales de Fibra Óptica

En este punto se describe de forma clara y concisa las definiciones más importantes de los conceptos básicos de la fibra óptica, donde se tenga un entendimiento detallado sobre la fundamentación teórica de los sistemas de fibra óptica.

#### 2.1.1. Definición de Fibra Óptica

Una fibra óptica es, en forma sencilla y simple, un filamento muy fino de plástico o vidrio a través del cual la luz puede propagarse por sucesivas reflexiones en el interior de la misma. Puede ser estudiada fácilmente si se la considera como un "tubo transparente circular" en el cual los rayos de luz que entran por una punta pueden ser conducidos o guiados por el interior de la misma hasta su extremo opuesto. (Grazzini, 2020, p. 13)

La fibra óptica, al ser un medio de transmisión con apariencia de un filamento delgado y de forma cilíndrica propaga los haces en su interior por un fenómeno óptico denominado reflexión que hace que el rayo al "chocar" con las paredes del núcleo de la fibra óptica se propague con cierto ángulo de incidencia, dichos haces de luz pueden ser emitidos por fuentes LED o fuentes LÁSER. (Grazzini, 2020)

### 2.1.2. Estructura de la Fibra Óptica

La fibra óptica básica, en su estructura se componen de tres partes importantes para la propagación de la luz, estas tres partes se definen a continuación. (Cabezas & Pinto García, 2014)

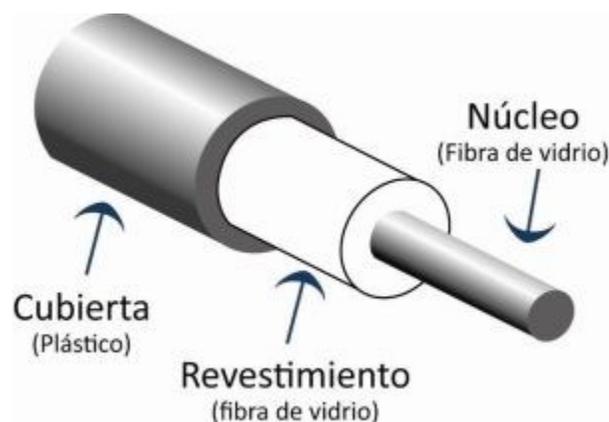
- Núcleo (Core): La parte interna por la cual se propagan las ondas ópticas.
- Revestimiento (Cladding): La capa media que sirve para confinar la luz en el centro.
- Cubierta (Buffer) o Recubrimiento: La capa exterior por lo general fabricada en plástico y sirve como un amortiguador" o protección mecánica de la fibra.

(Cabezas & Pinto García, 2014, p. 29).

En la Figura 1, se aprecia las tres partes que conforman la estructura de una fibra óptica.

#### Figura 1:

*Elementos que conforman la fibra óptica: Core (Núcleo), Cladding (Recubrimiento), Buffer (Cubierta)*



Fuente: (Ordoñez, 2015)

### ***2.1.3. Ventajas y Desventajas de la Fibra Óptica***

Existen varias ventajas y desventajas de la fibra óptica como medio de transmisión, considerando este aspecto se van a dar a conocer las principales ventajas y desventajas de la fibra óptica.

**2.1.3.1. Ventajas.** La fibra óptica posee varias ventajas al ser un medio de transmisión que usa como la luz como fuente de emisión, siendo de dos formas, por fuentes LED o fuentes LÁSER, a continuación, se indican las principales ventajas de la fibra óptica. (Grazzini, 2020, pp. 18-19)

- Gran ancho de banda
- Bajas pérdidas
- Tamaño reducido
- Peso reducido
- Inmunidad a la EMI y la RFI
- Seguridad
- Flexibilidad de los sistemas

**2.1.3.2. Desventajas.** Al igual que la fibra óptica posee varias ventajas, es necesario saber cuáles son sus limitaciones, a continuación, se detallan las seis principales desventajas de la fibra óptica como medio de transmisión. (Grazzini, 2020, pp. 18-19)

- Dificultades para la manipulación de las fibras
- Reparación complicada
- Baja eficiencia
- La no linealidad
- Sin polaridad

### ***2.1.4. Propagación de la luz en la Fibra Óptica***

La propagación de la luz es el mecanismo básico de cómo funcionan los sistemas de fibra óptica, de esta manera se debe explicar detalladamente sus importantes efectos ópticos que se producen en la propagación de los haces de luz en un medio de transmisión como la fibra óptica.

**2.1.4.1. Definición.** Según plantea Borissora (2013), en toda clase de onda la velocidad de propagación depende directamente de las propiedades físicas del medio por el que se propagará la onda, en el caso de la propagación de los haces de luz en un medio como es el vidrio o las fibras de vidrio, los fenómenos de reflexión y refracción son los que hacen posible la propagación de la luz en los hilos de fibra óptica. Prácticamente sucede cuando los haces de luz se propagan de un medio a otro y cruzan la superficie entre ambos medios con velocidades distintas, de modo que la onda refleja se propaga en el mismo medio emisor, y la onda refractada es la que se propaga en el medio externo.

**2.1.4.2. Velocidad de la luz.** La luz es una forma de onda electromagnética, por lo que posee las propiedades físicas de ésta: es irradiada a partir de una fuente luminosa (sol, lámpara artificial, etc.), se desplaza en forma de ondas de forma rectilínea a una velocidad de 300.000 km/seg en el vacío. (Elena, 2007, p. 2).

El índice de refracción de un medio material se define como la relación que existe entre el valor de la velocidad de propagación de la luz en el vacío y el valor de la velocidad de propagación de la luz en el medio material. Se expresa del siguiente modo en la Ecuación [ 1 ]: (Elena, 2007, p. 2)

$$n = \frac{c}{v} \quad \text{Ecuación [ 1 ]}$$

A partir de la ecuación anterior, es posible obtener la velocidad de propagación de la luz en un medio, por ejemplo, el vidrio, teniendo en cuenta cual es el valor del índice de refracción en ese medio, de modo que la Ecuación [ 2 ] es la siguiente:

$$v = \frac{c}{n} \quad \text{Ecuación [ 2 ]}$$

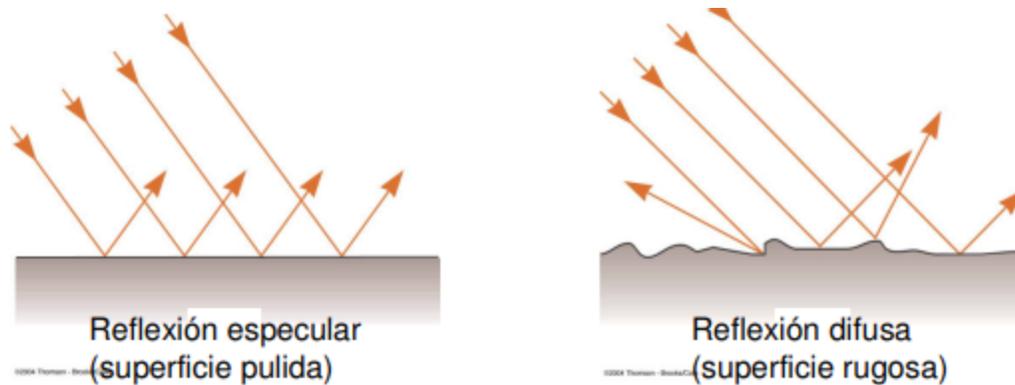
donde,

- $n$  = índice de refracción del medio material.
- $c$  = velocidad de propagación de la luz en el vacío.
- $v$  = velocidad de propagación de la luz en el medio material.

**2.1.4.3. Reflexión.** El fenómeno de reflexión ver la Figura 2, este fenómeno se presenta cuando un haz de luz se encuentra con un obstáculo en su camino (una interfase entre medios diferentes). Parte de la luz incidente es reflejada (cambia de dirección). La dirección del rayo reflejado es en un plano perpendicular a la superficie reflectante que contiene al rayo incidente. Una superficie se comporta como especular cuando las imperfecciones en su superficie son más pequeñas que la longitud de onda de la luz incidente. (Cid, 2011, p. 6)

**Figura 2:**

*Fenómeno de Reflexión de haces de luz en una superficie pulida o liza y en una superficie rugosa, donde se aprecia como los haces de luz chocan con la superficie y toman diferentes direcciones.*



Fuente: (Cid, 2011)

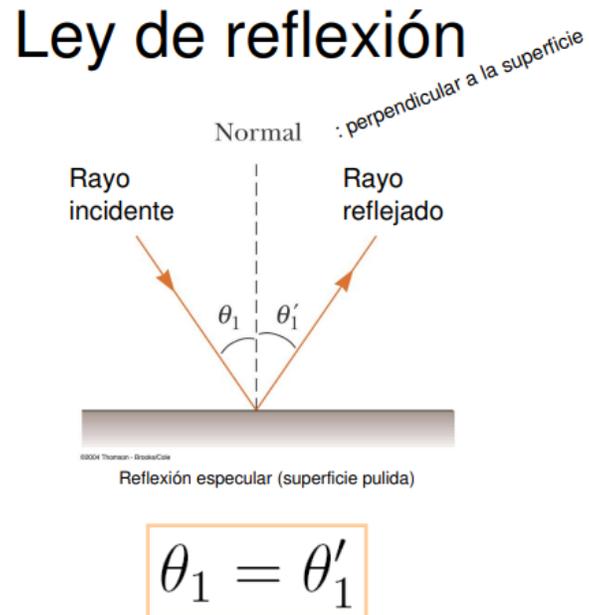
Utilizando el principio de Fermat las leyes de la reflexión y la refracción se pueden deducir en forma muy simple, como lo menciona Malacara (2015).

La primera ley de la reflexión dice que el rayo incidente, el rayo reflejado y la normal a la superficie reflectora están en un plano común. Esta ley es una consecuencia obvia del principio de Fermat, ver la Figura 3.

La segunda ley dice que la magnitud del ángulo de reflexión es igual a la magnitud del ángulo de incidencia. (p. 33)

**Figura 3:**

*Reflexión Interna Total de los haces de luz para que se produzca el fenómeno de reflexión dentro de un medio donde se desea que se propague la luz.*



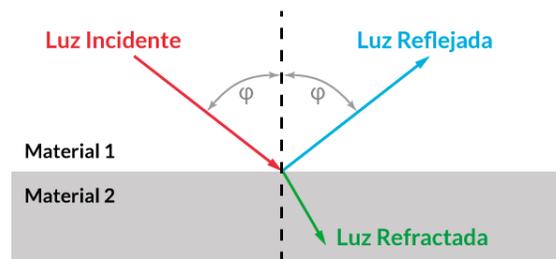
Fuente: (Cid, 2011)

**2.1.4.4. Refracción.** Según menciona Cid (2011), acerca del fenómeno de refracción en la luz, indica que: Cuando un rayo de luz que viaja a través de un medio transparente y encuentra una interfase que lo lleva a otro medio transparente, parte de la energía es reflejada y parte de la energía pasa al segundo medio. El rayo en el segundo medio cambia de dirección, se dice que es refractado, el rayo incidente, el rayo reflejado y el rayo refractado pertenecen al mismo plano. Considerar el siguiente ejemplo para entender de mejor manera el fenómeno de refracción de la luz. El camino entre A y B en la Figura 4 es reversible. (pp. 9-10)

Básicamente, en la Figura 4 se indica que si la luz viaja desde un medio en el que se mueve con mayor rapidez a uno que en el que se mueve con menor velocidad, el ángulo respecto a la normal disminuye, y ese efecto se produce de manera inversa, es decir; si la luz se mueve a un medio con mayor velocidad, entonces el ángulo respecto de la normal aumenta (Cid, 2011).

**Figura 4:**

*Fenómeno de Refracción que sucede cuando el haz de luz incidente tiene un cierto grado de inclinación con la superficie de impacto y que hace que se propaga fue del medio inicial a un segundo medio.*



Fuente: (Martínez, La propagación de la luz en la fibra óptica, 2018)

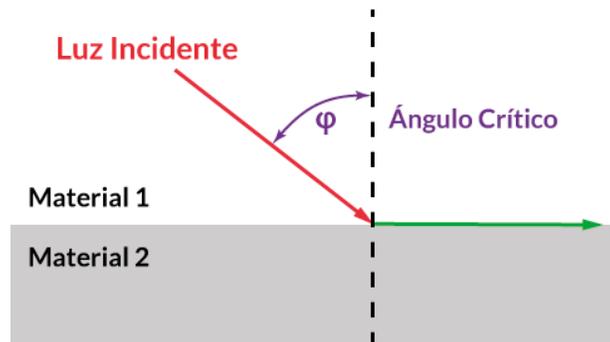
**2.1.4.5. Ángulo Crítico.** Según plantea Malacara (2015), el ángulo crítico como se indica en la Figura 5 es una función que radica exclusivamente en el índice de refracción del medio, de modo que si un rayo o haz de luz que llegue al medio de transmisión en este caso los hilos de fibra óptica con un ángulo de incidencia mayor al ángulo crítico no se refractará y se producirá el fenómeno de reflexión interna total, caso contrario si el ángulo de incidencia es menor al ángulo crítico, el haz de luz se

refractará al segundo medio y en el caso de la fibra óptica existirá pérdidas de energía. Para calcular este ángulo se usa la fórmula de la ecuación xx:

$$\sin \varphi = \frac{n_1}{n_2} \quad \text{Ecuación [ 3 ]}$$

**Figura 5:**

*El Ángulo Crítico cuando un haz de luz impacta con un primer medio permite saber si cumple dicho ángulo para que el haz se propague dentro del primer medio sin que se refracte al segundo medio.*



Fuente: (Martínez, La propagación de la luz en la fibra óptica, 2018)

**2.1.4.6. Apertura Numérica.** Como se observa en la Figura 6  $\theta_A$  indica aquel valor del ángulo de incidencia por debajo del cual se debe producir el fenómeno de reflexión interna total, es decir; este ángulo es denominado ángulo de aceptación y es importante determinar los parámetros que son necesarios para obtener este valor. La apertura numérica se calcula mediante (Grazzini, 2020).

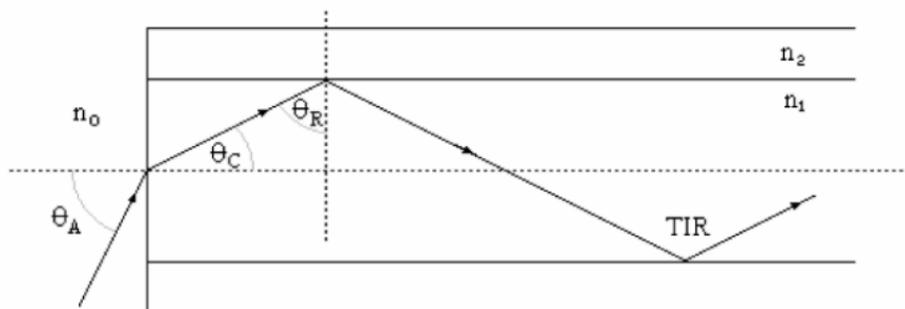
$$AN = \sin \theta_A = \sqrt{n_1^2 - n_2^2} \quad \text{Ecuación [ 4 ]}$$

Se debe mencionar que en realidad como bien lo menciona Grazzini (2020), en realidad lo que existe es un cono de aceptación que es básicamente una representación en tres dimensiones del análisis anteriormente realizado. Como se observa en la Figura 6 se tiene la representación del cono de aceptación (Grazzini, 2020).

Además, según menciona el mismo autor Grazzini (2020): En las cercanías del borde de la fibra, el tamaño del cono de aceptación, es decir el área transversal del mismo a una determinada distancia de la fibra, depende también del diámetro del núcleo de la misma, y desde luego, un cono de mayor dimensión facilitará el acoplamiento de la luz al núcleo de la fibra. (p. 36)

### Figura 6:

*La Apertura Numérica permite saber la aceptación de los haces de luz para que se propaguen dentro de un medio, tratando siempre que toda la luz entre en el medio.*



Fuente: (Grazzini, 2020)

### ***2.1.5. Tipos de Fibra Óptica***

Como menciona el autor Maldonado Luna (2015), se habla acerca de la luz y las distintas fuentes que la producen:

La luz ambiental es una mezcla de señales de muchas frecuencias distintas, por lo tanto, no es una buena fuente para ser utilizada en la transmisión de datos, para este envío de información se requieren medios más especializados como los siguientes: (p. 6)

- Fuentes láser: Es una fuente luminosa de alta coherencia que produce luz de una única frecuencia y toda la emisión se produce en fase.
- Diodos láser: Son una fuente semiconductor de emisión de láser de bajo precio.
- Diodos LED (Light-Emitting Diode): Son semiconductores que producen luz normal no coherente cuando son excitados eléctricamente.

Teniendo en cuenta lo anterior existen básicamente dos sistemas de transmisión de datos por fibras ópticas: los que utilizan diodos láser y los que utilizan LEDs.

En los sistemas que utilizan luz láser la transmisión de un pulso de luz (equivalente a un bit) genera un único rayo de luz coherente. Se dice que la luz se transmite en un sólo modo, por lo que a la fibra que se utiliza se le denomina monomodo.

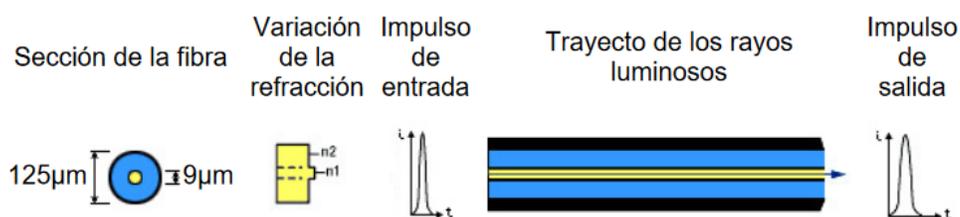
En los sistemas que utilizan LEDs la transmisión de un pulso de luz genera múltiples rayos de luz, pues se trata de luz normal no coherente; se dice que cada uno de estos rayos tiene un modo y a la fibra que se utiliza para transmitir luz de emisores LED se la denomina fibra multimodo. (Maldonado Luna, 2015, pág. 6)

Considerando lo anterior actualmente se utilizan tres tipos de fibras ópticas para la transmisión de datos:

**2.1.5.1. Fibra Monomodo.** Los diodos láser emiten luz coherente, hay un único rayo y la fibra se comporta como un guía-ondas; la luz se propaga a través de ella sin dispersión; la fibra utilizada para luz láser se llama fibra monomodo. Las fibras monomodo se utilizan para transmitir a grandes velocidades y/o a grandes distancias. La fibra interior (la que transmite la luz) en una fibra monomodo es de un diámetro muy pequeño, de 8 a 10 micras (del mismo orden de magnitud que la longitud de onda de la luz que transmite); una fibra monomodo típica es la de 8,1/125 micras, ver Figura 7.

**Figura 7:**

*Características de la fibra monomodo como son la sección de la fibra, la trayectoria de los haces de luz.*



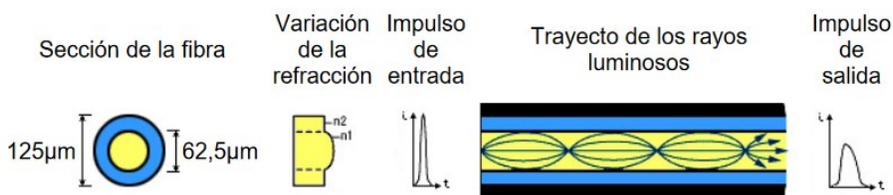
Fuente: (Maldonado Luna, 2015)

**2.1.5.2. Fibra Multimodo de Índice Graduado.** El índice de refracción núcleo/funda presenta una curva parabólica con un máximo en torno al eje. Los rayos luminosos siguen un trayecto sinusoidal. El ancho de banda está comprendido entre

600 y 3000MHz/km. Los diámetros más frecuentes son  $62,5\ \mu\text{m}$  y  $50\ \mu\text{m}$ . La fibra multimodo es la más utilizada para las redes privadas, ver Figura 8.

**Figura 8:**

*Características de la fibra multimodo índice graduado, sección de la fibra y trayectoria de los haces de luz.*

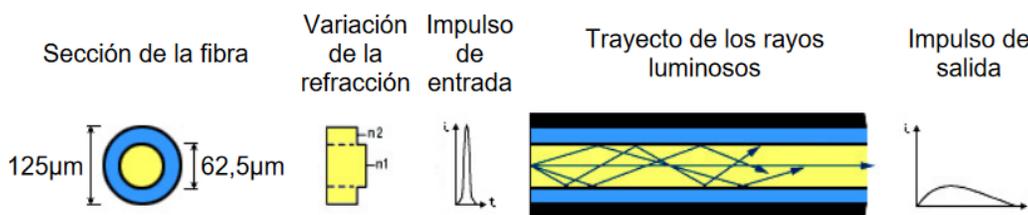


Fuente: (Maldonado Luna, 2015)

**2.1.5.3. Fibra Multimodo de Índice Escalonado.** También se define a las fibras multimodo, pero de índice escalonado que, a diferencia de las fibras de índice gradual, se puede definir que la variación de refracción es más abrupta.

**Figura 9:**

*Características de la fibra multimodo índice escalonado, su variación de refracción y su trayecto de haces de luz.*



Fuente: (Maldonado Luna, 2015)

### 2.1.6. Tipos de pérdidas en la Fibra Óptica

Según la empresa corporativa Telpro Madrid (2018), indican que existen varios tipos de pérdidas de energía en los sistemas de fibra óptica, a continuación, se indican estos tipos de pérdidas.

**2.1.6.1. Atenuación de la fibra óptica.** También se conoce como pérdida de transmisión. Se puede definir como la pérdida de potencia óptica cuando la luz viaja a largas distancias dentro de un medio de transmisión. Se define como la relación de la potencia óptica de entrada ( $P_i$ ) y la potencia de salida óptica ( $P_o$ ). (Telpro Madrid, 2018)

$$A = \frac{10}{L} * \log_{10} \frac{P_i}{P_o} \quad [5]$$

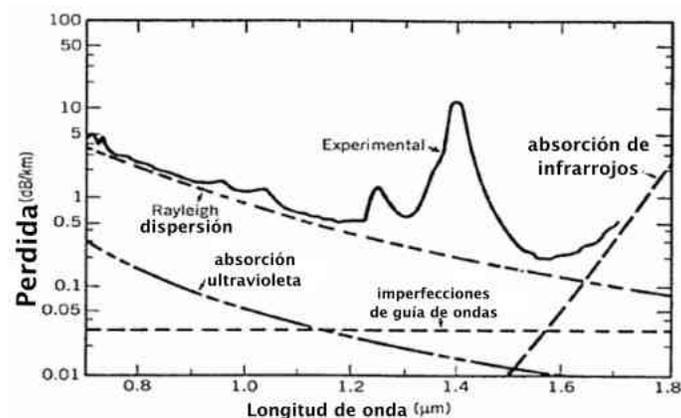
Donde;

- A: Es la atenuación de la fibra óptica por km
- L: Es la distancia total de la fibra óptica
- $P_i$ : Es la potencia de entrada
- $P_o$ : Es la potencia de salida

**2.1.6.2. Absorción intrínseca.** Como lo indica Telpro Madrid (2018), la absorción intrínseca básicamente es la causa debido a las propiedades de la fibra óptica, es decir depende del medio de transmisión como tal, para superar estas pérdidas se lo puede hacer sólo cambiando el vidrio de sílice para longitudes de onda que van desde los 700 nm hasta los 1600 nm. En las longitudes de onda de la gama de operación de 700 nanómetros (nm) a 1600 nm, ver Figura 10.

**Figura 10:**

*Absorción Intrínseca es un tipo de pérdida que se debe a las deficiencias del medio de transmisión*

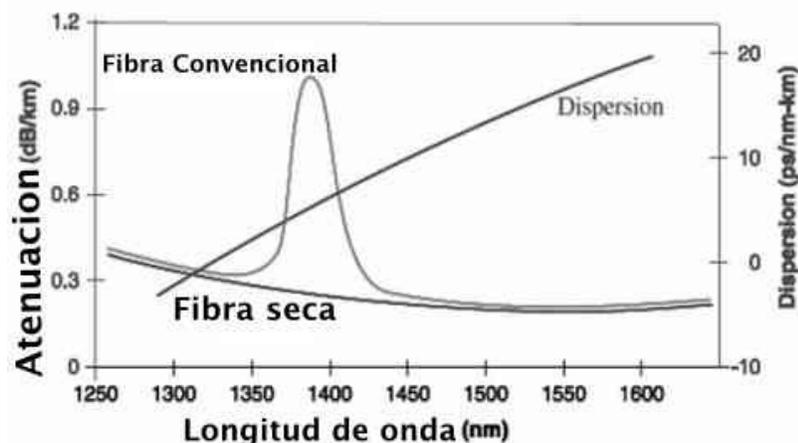


(Telpro Madrid, 2018)

**2.1.6.3. Absorción extrínseca.** Al observar la Figura 11 se puede decir que es causada por la presencia de impurezas en la fibra óptica como iones metálicos tales como  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Cr}^{3+}$  o presencia de iones hidroxilo ( $\text{OH}^-$ ), es decir silicio-hidroxilo ( $\text{Si-OH}$ ) dentro de la fibra. Para las pérdidas más bajas ( $<1$  dB/km) las impurezas metálicas deben estar por debajo de una parte por fibras secas billion. La concentración de iones  $\text{OH}^-$  se reduce y podemos ver que el pico a  $1.39\mu\text{m}$  desaparece. (Telpro Madrid, 2018)

**Figura 11:**

*Absorción Extrínseca se debe específicamente a las impurezas de la fibra como iones metálicos en el momento de su fabricación*



Fuente: (Telpro Madrid, 2018)

**2.1.6.4. Dispersión lineal de Rayleigh.** La empresa corporativa Telpro Madrid (2018), define a las pérdidas de energía lineal a la dispersión de Rayleigh explicando que las moléculas de sílice en su estado de fundido se mueven aleatoriamente y después se congelan en un solo punto de los hilos de fibra óptica, lo que provocaría fluctuaciones en la densidad de la fibra óptica y en consecuencia estas fluctuaciones respecto al índice de refracción se producen en todo el medio de transmisión. Esta dispersión es el 96% de las pérdidas de fibra óptica.

**2.1.6.5. Dispersión lineal de Mie.** Además, Telpro Madrid (2018), define otro tipo de dispersión, siendo esta la dispersión de Mie que básicamente son las fallas en el medio de transmisión de la falta de homogeneidad en toda la fibra, es decir; debido a las falencias o imperfecciones en la construcción de la fibra óptica,

por ejemplo, imperfectos en la interfaz núcleo-revestimiento o también las variaciones en el índice de refracción a lo largo de la longitud de fibra, diámetro, fluctuaciones, cepas y las burbujas.

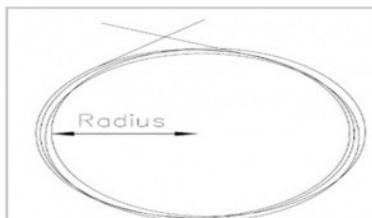
**2.1.6.6. Dispersión no lineal estimulada Brillouin.** Es básicamente el efecto que produce la vibración térmica dentro de la fibra óptica, la dispersión genera un nuevo fotón acústico que hace que se desplace la frecuencia de la luz óptica cerca de 10GHz, también conocido como desplazamiento de Stokes (Telpro Madrid, 2018).

**2.1.6.7. Dispersión no lineal estimulada Raman.** Este tipo de dispersión es similar a la dispersión Raman, la única diferencia es el efecto que se produce, es decir; un nuevo fotón se produce, pero ya no es acústico, sino que ahora es un fotón óptico, y se puede dar por upstream y por downstream y que además el desplazamiento de frecuencia es de 13THz (Telpro Madrid, 2018).

**2.1.6.8. Pérdidas por Macro curvaturas.** Este tipo de curvaturas son el producto de doblar las fibras ópticas en un radio menor según la normativa que se tenga para el tipo de fibra, es decir; cuando el ángulo es muy agudo existe pérdida de energía debido a que la luz ya no se propaga dentro del medio y se refracta al revestimiento. para un ejemplo el estándar de fibra G.657.B.3 (Unión Internacional de Telecomunicaciones) el radio se ha estandarizado al nivel de 5mm, se puede observar un ejemplo en la Figura 12 (Telpro Madrid, 2018).

**Figura 12:**

*Macro curvaturas de la fibra óptica, que representa pérdidas de potencia de los haces de luz en el medio de transmisión*

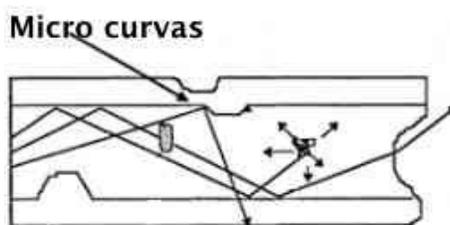


Fuente: (Telpro Madrid, 2018)

**2.1.6.9. Pérdidas por Micro curvaturas.** Estas pérdidas de energía son básicamente cuando la fibra óptica se dobla o se rasga ligeramente en su estructura, lo que indica que el medio de transmisión de vidrio tenga deformaciones y la luz no se propague adecuadamente, lo que se traduce como pérdida de energía en la fibra, se muestra un ejemplo en la Figura 13 (Telpro Madrid, 2018).

**Figura 13:**

*Micro curvaturas de la fibra óptica que representa de igual manera que las macro curvaturas, pérdidas de potencia en los haces de luz*

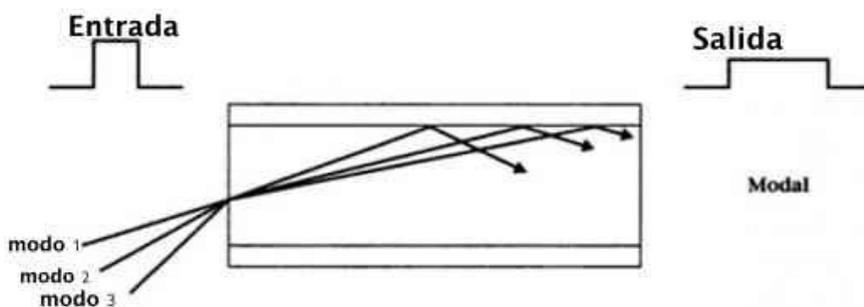


Fuente: (Telpro Madrid, 2018)

**2.1.6.10. Dispersión Modal.** Efecto que ocurre en las fibras ópticas multimodo y monomodo, como se ve en la Figura 14, sobre todo en el primer tipo de fibra donde a breve rasgos cuando se transmiten varias señales ópticas de distintos ángulos viajan y llegan al receptor en diferentes distancias, lo que da lugar a un efecto de superposición de las señales causando este tipo de dispersión modal (Telpro Madrid, 2018).

**Figura 14:**

*Dispersión Modal en las fibras ópticas que provoca superposición de señales en el receptor*

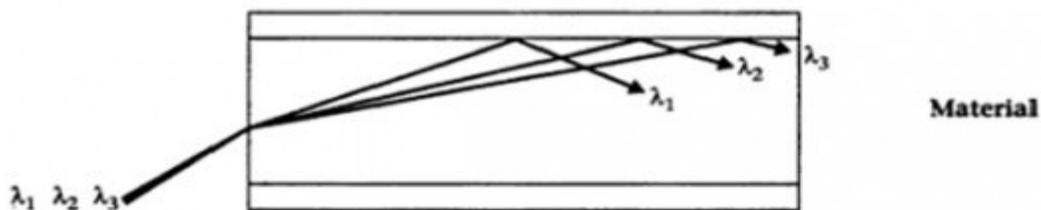


Fuente: (Telpro Madrid, 2018)

**2.1.6.11. Dispersión Material.** Este tipo de dispersión indica la relación que existe entre la propagación de los haces de luz y el índice de refracción en cada material, es decir; en cada tipo de fibra óptica que se use, considerando que cada tipo de fibra trae sus especificaciones de la dispersión del material, observar un ejemplo en la Figura 15 (Telpro Madrid, 2018).

**Figura 15:**

*Dispersión Material que hace que haya pérdidas de potencia en los haces de luz debido a la refracción del material de la fibra óptica.*

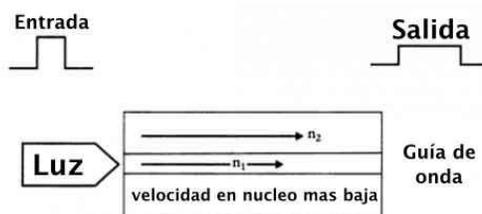


Fuente: (Telpro Madrid, 2018)

**2.1.6.12. Dispersión de Guía de Onda.** La dispersión de Guía de Onda, ver la Figura 16, usualmente solo ocurre en fibras monomodo, y se produce cuando el recorrido de los haces de luz se hace en el revestimiento cuando debería hacerse en el núcleo de la fibra óptica, lo que según cada índice de refracción del primer y segundo medio la luz viaja a diferentes velocidades y en el receptor se produzca la dispersión y pérdidas de energía (Telpro Madrid, 2018).

**Figura 16:**

*Dispersión de Guía de Onda se debe cuando los haces de luz se propagan en el revestimiento de la fibra óptica y no en el núcleo*

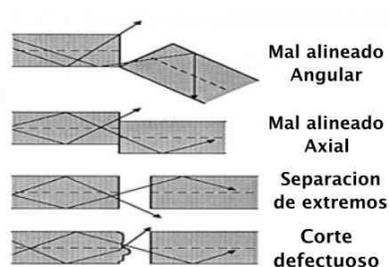


Fuente: (Telpro Madrid, 2018)

**2.1.6.13. Pérdidas por conector.** Es un tipo de pérdida de energía debido al conector físico que se use en la unión de fibras, por ejemplo, en la Figura 17 se visualizan los tipos de mal conexiones: un ángulo mal alineado, alineación axial errónea, separación de conectores muy distantes y corte defectuoso del conector (Telpro Madrid, 2018).

**Figura 17:**

*Pérdidas por conector se producen cuando en el acople del conector no se empara adecuadamente y se producen un medio no uniforme donde existen pérdidas de potencia*



Fuente: (Telpro Madrid, 2018)

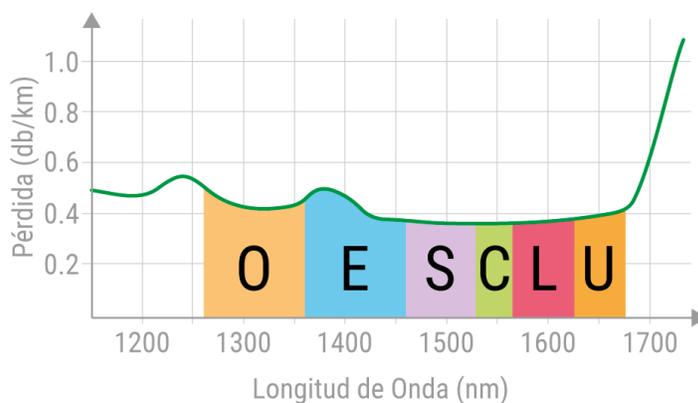
### ***2.1.7. Ventanas de Transmisión en la Fibra Óptica***

En la actualidad, según indica Martínez, (2018), hay fuentes de luz que usan longitudes de onda entre los 600nm y los 1675nm, por lo que se han creado varias bandas o ventanas de transmisión para los sistemas de fibra óptica. Además, la International Telecommunication Union (ITU) posee estándares que definen las bandas de transmisión, las cuales se indican a continuación. En la Figura 18 se observan las bandas de transmisión y la relación de la pérdida de energía por kilómetro para cada longitud de onda.

- Banda O (Original): 1.260 nm – 1.360 nm
- Banda E (extendida): 1.360 nm - 1.460 nm
- Banda S (corta): 1.460 nm - 1.530 nm
- Banda C (convencional): 1.530 nm - 1.565 nm
- Banda L (larga): 1.565 nm - 1.625 nm
- Banda U (ultralarga): 1.625 nm - 1.675 nm

**Figura 18:**

*Ventanas de Transmisión en la FO donde se especifica los rangos de longitud de onda para cada banda*



Fuente: (Martínez, Ventanas de Transmisión Fibra Óptica, 2018)

### **2.1.8. Tipos de cables en la Fibra Óptica**

Antes que nada, es necesario entender la función de los distintos tipos de cables de fibra óptica, según The Fiber Optic Association (2021) la función principal de los cables de fibra óptica, es la de brindar protección a los hilos de fibra de los efectos del medioambiente en el lugar en el que están instaladas. Es así que se tienen los siguientes tipos de cables ópticos más utilizados.

**2.1.8.1. Tipos de cables de estructura ajustada.** Los cables de estructura ajustada (simplex, dúplex zipcord, de distribución y “breakout”) se utilizan en instalaciones en planta interna en las que la flexibilidad del cable y la facilidad para realizar la terminación son importantes, incluso más que la robustez y la resistencia a la fuerza de tracción que caracterizan a los cables de estructura holgada y a los cables

tipo cinta (ribbon). En general, los cables de estructura ajustada se utilizan en interiores y los cables de estructura holgada o los cables tipo cinta (ribbon), en exteriores. (The Fiber Optic Association, 2021)

**2.1.8.2. Cable simplex y dúplex (zipcord).** Según The FOA (2021), estos tipos de cables se utilizan mayormente al instalar un cable de conexión (patchcord) o una placa lateral de conexiones (backplane); sin embargo, el cable duplex (zipcord) también puede utilizarse en conexiones de escritorio. Los cables simplex están compuestos por una sola fibra, de estructura ajustada (con un recubrimiento “buffer” de estructura ajustada de 900 micrones por encima del recubrimiento “buffer” primario), con elementos de refuerzo de Kevlar (fibra de aramida) y una chaqueta para uso en interiores, ver Figura 19.

**Figura 19:**

*Cable simplex y dúplex (zipcord) y sus características internas y la forma como se conforma con cada una de sus partes*



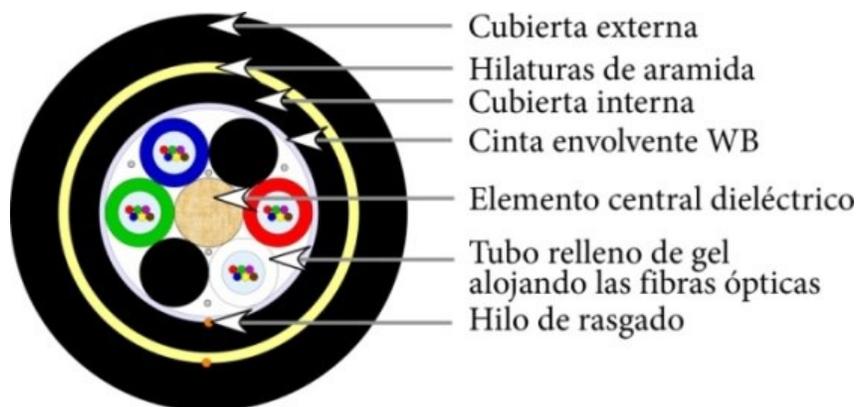
Fuente: (FIBERCO, 2016)

**2.1.8.3. Cable de distribución.** The FOA (2021), define a este tipo de cable como de distribución, es decir; el cable para instalación en interiores más popular, ya que es de tamaño pequeño y, además, liviano. Contiene varias fibras de estructura ajustada agrupadas en una misma chaqueta con elementos de refuerzo de

Kevlar y, en algunas ocasiones, una varilla de fibra de vidrio de refuerzo para tensar el cable y evitar que se retuerza, ver Figura 20.

**Figura 20:**

*Cable de distribución con vista transversal para visualizar todos sus elementos*



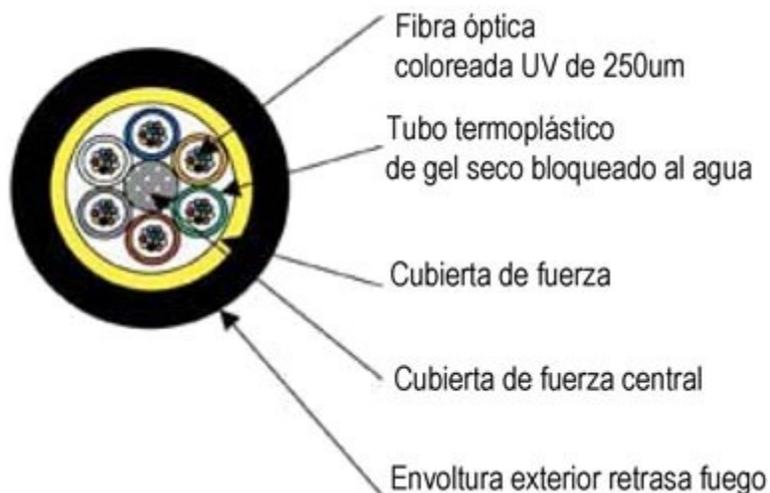
Fuente: (del Pago Aguas, 2017)

**2.1.8.4. Cable “breakout”.** Este tipo de cable como indica The FOA (2021), es cable favorito cuando se trata de utilizar cables resistentes o cuando se necesita hacer terminaciones directas sin cajas de conexiones, paneles de conexiones u otro tipo de hardware. Están compuestos por varios cables simplex agrupados en una misma chaqueta. Este es un cable de diseño fuerte y resistente, pero es más largo y más costoso que el cable de distribución. Como cada fibra está reforzada individualmente, este diseño permite una terminación rápida de los conectores y no se necesitan paneles o cajas de conexiones, ver Figura 21.



**Figura 22:**

*Cable de estructura holgada se ve como es de forma circular para un mejor manejo de su instalación*

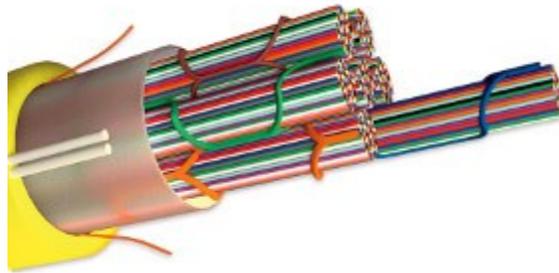


Fuente: (Rodríguez, fibroptichoy, 2014)

**2.1.8.6. Cable tipo cinta (ribbon).** Según The FOA (2021), el cable tipo cinta (ribbon) es el preferido cuando se necesita un cable de diámetro pequeño con una gran cantidad de fibras por cable. Este es el cable que cuenta con la mayor cantidad de fibras en el cable más pequeño, ya que todas las fibras están dispuestas en filas, dentro de cintas que suelen contener 12 fibras, y las cintas están ubicadas una encima de la otra. En general, las 144 fibras solo tienen una sección transversal de aproximadamente 6 mm y una chaqueta de 13 mm de diámetro, ver Figura 23.

**Figura 23:**

*Cable tipo cinta (ribbon) con los hilos de fibra óptica que son envueltos de forma circular*



Fuente: (Oñate, 2018)

**2.1.8.7. Cable blindado.** Para The FOA (2021), Este cable blindado se utiliza en instalaciones en planta externa en las que se entierran los cables de manera directa, y se necesita un cable resistente que soporte el ingreso de los roedores. El cable blindado resiste satisfactoriamente ser aplastado por un determinado peso, algo necesario en las instalaciones bajo tierra donde los cables están enterrados de manera directa. En estos tipos de instalaciones, en las áreas en las que los roedores son un problema, se suele dotar al cable de una cubierta de metal entre dos chaquetas, lo que lo protege de los roedores, ver Figura 24.

**Figura 24:**

*Cable blindado que posee una malla de protección en su cubierta y en el revestimiento de cada buffer de hilos de fibra óptica*



Fuente: (TEI, 2010)

### **2.1.9. Tipos de tendido en la Fibra Óptica**

Como bien lo explica la Corporación Nacional de Telecomunicaciones – CNT (2012), acerca de la normativa para el tendido de los sistemas de fibra óptica:

Los proyectos a realizarse en cada provincia por parte de personal de la empresa externo a la provincia (última milla, accesos, etc.), deberán ser supervisados por personal de la provincia, mismo que tiene conocimiento de la infraestructura existente.

Considerando la definición sobre la normativa del tendido de los sistemas de fibra óptica, se tiene las siguientes clases de tendido:

**2.1.9.1. Tendido Canalizado.** Apertura de una infraestructura que sirva exclusivamente para la distribución de redes de telecomunicaciones. En este caso el

procedimiento establece la instalación de ducterías, excavación, compactación y todo trabajo necesario para la instalación de ductos especiales para las telecomunicaciones.

Existen diferentes formas de realizar la instalación de fibra óptica de forma canalizada: (Corporación Nacional de Telecomunicaciones - CNT, 2012)

- Mediante un enterrado directo de los subductos.
- En canalizaciones existentes.
- En canalizaciones telefónicas nuevas.

**2.1.9.2. Tendido Aéreo.** Desde el extremo superior del poste, las líneas deben de estar colocadas en el siguiente orden: líneas de alta tensión, líneas de media, líneas de baja y red de telecomunicaciones, dejando entre la red eléctrica y la de telecomunicaciones una separación mínima de 0.6m. Existen diferentes formas de realizar la instalación de cable de fibra óptica aéreo de acuerdo a diferentes factores:

- Método de enrollado retractable fijo.
- Método de enrollado móvil.
- Método de tendido manual.

### ***2.1.10. Tipos de conexiones en Fibra Óptica***

Los tipos de conexiones de las fibras ópticas deben de ser las más adecuadas, de tal forma que no existan pérdidas de energía en la propagación de los haces de luz, es así que se tiene dos principales tipos de conexiones, los cuales son:

**2.1.10.1. Conexiones por Empalme Mecánico.** El modo operativo de un empalme mecánico, ver Figura 25 es en base a un fluido de coincidencia de índice, las dimensiones del empalme mecánico son de 6cm de largo y 1cm de diámetro, y las fibras ópticas no se unen permanentemente, es decir; solo se mantienen unidades con precisión para que los haces de luz se propaguen, considerando que la pérdida de inserción es  $<0,5\text{dB}$ , y la pérdida de empalme es de  $0,3\text{dB}$  y se debe mencionar que este tipo de empalmes están disponibles para fibras monomodo y multimodo (Fiber Optic Center, 2021).

**Figura 25:**

*Empalme mecánico para los distintos cables de fibra óptica*



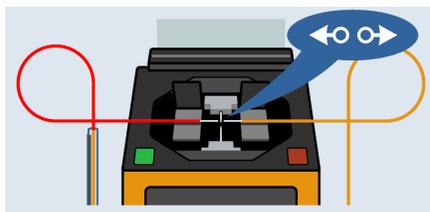
Fuente: (TOOLBOOM, 2018)

**2.1.10.2. Conexiones por Empalme de fusión.** El empalme por fusión, ver Figura 26, por el contrario, es un empalme permanente de los hilos de fibra óptica, este método tiene menores pérdidas de energía de  $<0,1\text{dB}$ . El técnico encargado de fusionar los hilos de fibra, debe considerar dos pasos importantes: (Fiber Optic Center, 2021)

- Alinear con precisión las dos fibras
- Genere un pequeño arco eléctrico para fundir las fibras y soldarlas juntas

**Figura 26:**

*Empalme de fusión para unificar dos hilos de fibra óptica de forma permanente*



Fuente: (Promax, 2019)

**2.1.10.3. Conexiones por Conectores.** Según la compañía Promax (2019), empresa dedicada a la fabricación de instrumentos y equipos electrónicos define a los conectores ópticos de la siguiente manera:

Las siglas SC, LC, FC y ST corresponden a los tipos de conector óptico más comunes en aplicaciones FTTH y en redes de datos, ver Figura 28. En cuanto a la nomenclatura PC/UPC/APC, son siglas que se refieren al tipo de pulido del terminal óptico. A continuación, en la Tabla 1 se indica las características de los diferentes tipos de conectores. (Maldonado Téllez, 2018)

**Tabla 1**

*Tipos de conectores para cables de fibra óptica con su tipo de tipo de fibra, su tipo de pulido y su identificativo en color*

Adaptador	Tipo de Fibra	Tipo de Pulidos	Color
SC	SM	PC	Azul
		APC	Verde
LC	MM	PC	Aqua
			Beige
ST	SM	PC	Azul
		APC	Verde
DC	MM	PC	Aqua
			Beige
MT-RJ	SM/MM	PC	Metálico
E2000	SM	PC y APC	Metálico
	MM	PC	
MPO	SM/MM	PC	Negro
		APC	Verde
		PC y APC	Negro (estándar A) Gris (estándar B)

Fuente: (Maldonado Téllez, 2018)

**Figura 27**

*Tipos de conectores de Fibra Óptica y el tipo de pulido que usan con su identificativo de color y forma de conector*

Tipo de Conector		
SC		Stick & Click
FC		Finger Connector (twist)
APC		Stick & Click-APC
ST		Stick & Turn
LC		Little Connector
Mu		Looks like a cow
MT-RJ		Mini-twin RJ
MTP o MPO		Multi-tip poker

Fuente: (Maldonado Téllez, 2018)

## 2.2. Redes PON

Las redes PON son como su nombre lo indica redes ópticas pasivas, es decir, redes que funcionan bajo el concepto de propagar hacer de luz en un medio óptico sin la necesidad de usar equipamiento activo. Por tal razón es importante detallar los aspectos mas relevantes de las redes PON.

### 2.2.1. Definición de una Red PON

Una Red PON, es una red pasiva que no necesita de equipos o elementos activos, es decir que usen recursos energéticos o eléctricos para funcionar, según lo define (VIAVI, 2021);

Una red óptica pasiva (PON) es una red de fibra óptica que emplea una topología de punto a multipunto y splitters ópticos para transmitir datos de un punto único de transmisión a varios puntos finales de usuario. En este contexto, “pasiva” se refiere a la ausencia de alimentación de la fibra y los componentes divisores y combinadores.

También, es importante analizar la ventaja que conlleva una red PON, que es el uso de equipos activos en el envío y recepción de la información, por lo que estas redes PON ofrecen grandes ventajas desde el enfoque energético. Las redes PON se usan para transmitir y recibir información hacia y desde los usuarios finales (VIAVI, 2021).

Desde los años 90', la evolución sobre las tecnologías de las redes PON ha sido significativa al punto de que se han creado distintas categorías o clases de redes PON, la estandarización de las redes APON y BPON, han mejorado su rendimiento y el estudio de las nuevas tecnologías dando paso a otras redes PON como son la GPON, EPON o XGPON (VIAVI, 2021).

### 2.2.2. Tipos de Redes PON

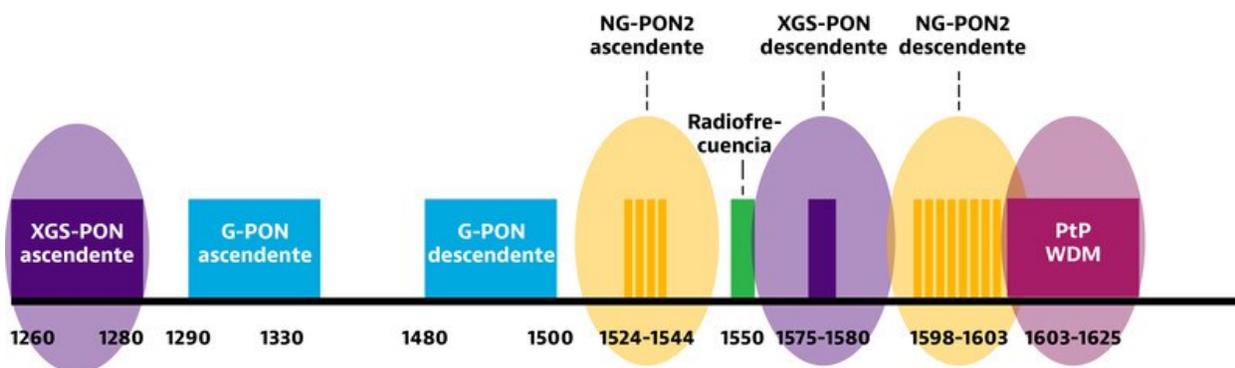
Desde su introducción en la década de los 90, la tecnología PON ha continuado evolucionando y se han ido formando diversas series de topologías de redes PON. Los estándares de las redes ópticas pasivas originales, APON y BPON, han ido dejando paso progresivamente a las ventajas de rendimiento general y ancho de banda de las versiones nuevas.

De este modo como se observa en la Figura 28 se tiene los siguientes tipos de redes PON, de las cuales se dan las definiciones y características más importantes.

Según el informe realizado por Paradiso (2020), se explican a detalle las dos primeras tecnologías que dieron paso a la evolución de las nuevas tecnologías de redes PON. (pp. 3-4)

#### Figura 28:

*Tipos de Redes PON en su banda de longitud de onda de operación*



Fuente: (VIAVI, 2021)

**2.2.2.1. APON.** Definida en la Rec. G.983 del ITU-T (1er. estándar para las PON) hecha por el comité FSAN (Full Service Access Network). APON utiliza el protocolo ATM como portador. APON se adecua a distintas arquitecturas de redes de

acceso, como FTTH. Sus ráfagas van a una tasa de bits de 155 Mbps que se reparten entre el número de ONUs que estén conectados al OLT, se tiene 32 usuarios máximo por puerto, 20 km, código de línea NRZ y seguridad “churning”.

**2.2.2.2. BPON.** Esta tecnología es una mejora de APON para integrar y obtener acceso a más servicios como Ethernet, distribución de video, VPL y WDM logrando mayor ancho de banda. Basa su arquitectura en APON. Está definida en las Rec. G.983.1 a G.983.8 de la ITU-T que define una arquitectura asimétrica (155 o 622 Mbps de subida y 155 o 622 Mbps de bajada), 32 usuarios máximo por puerto, 20 km, código de línea NRZ y seguridad AES.

**2.2.2.3. EPON.** Las redes E-PON convencionales pueden admitir velocidades simétricas de hasta 1,25 Gbps de subida y bajada. De forma muy similar a las redes G-PON, las redes E-PON proporcionan una cobertura de entre 20 y 40 km, también en función de la relación de segmentación, y emplean longitudes de onda similares (ascendente de 1310 nm y descendente de 1490 nm). (VIAVI, 2021)

**2.2.2.4. GEPON.** El estándar 10G-EPON más avanzado incrementa las velocidades a unos valores ascendente y descendente simétricos de 10 Gbps. Además, funciona a diferentes longitudes de onda con respecto a las redes E-PON, con una longitud de onda descendente de 1577 nm y una longitud de onda ascendente de 1270 nm. (VIAVI, 2021)

**2.2.2.5. GPON.** La red G-PON se considera hoy en día el estándar de facto de red PON, con redes que abarcan distancias de entre 20 y 40 km, en función de la relación de segmentación que se adopte, con fibra monomodo. La longitud de onda descendente se establece en 1490 nm con una longitud de onda ascendente de

1310 nm, con una velocidad de bajada de 2,4 Gbps y una velocidad de subida de 1,2 Gbps. (VIAVI, 2021)

**2.2.2.6. XGPON.** La versión 10G de la red G-PON se conoce como XG-PON. Este nuevo protocolo admite velocidades de bajada de 10 Gbps y velocidades de subida de 2,5 Gbps. Si bien las convenciones de formato de datos y fibra física son idénticas a las de las redes G-PON originales, las longitudes de onda sí presentan cambios, de forma similar a las redes 10G-EPON, con 1577 nm en el caso de la longitud de onda descendente y 1270 nm en el caso de la longitud de onda ascendente. (VIAVI, 2021)

### **2.2.3. Comparativa de Redes PON**

El análisis comparativo de las distintas tecnologías de redes PON se las muestra en la Tabla 2, se evidencia como los conceptos que definen a cada tecnología anteriormente están acorde a sus características o especificaciones técnicas.

**Tabla 2**

*Características de cada Red PON, en la que se especifica velocidades de subida, velocidades de baja, radio máximo de splitteo, longitud de onda, y el estándar asociado.*

<b>Características</b>	<b>BPON</b>	<b>EPON</b>	<b>GPON</b>	<b>XG-PON</b>	<b>XGS-PON</b>
Uplink	155Mbps	1,25Gbps	1,244Gbps	2,488Gbps	10Gbps
Downlink	622Mbps	1,25Gbps	2,488Gbps	10Gbps	10Gbps
Nivel de Splitteo	1:32	1:128	1:128	1:256	1:256
Longitud de Onda	1490/1310nm	1490/1310nm	1490/1310nm	1577/1270nm	1600/1535nm
Estándar	ITU-T G.983	IEEE 802.3 ah	ITU-T G.984	ITU-T G.987	ITU-T G.987

Fuente: (Gupta, Gupta, Kumar, Kumar Gupta, & Kumar Mathur, 2018)

#### **2.2.4. Ventajas de las redes PON**

Según la empresa fabricante de equipos de red y monitorización VIAVI (2021), indica que las ventajas de las redes PON son las siguientes:

**2.2.4.1. Consumo energético eficiente.** La ventaja principal es que no se requiere energía para la red de acceso. Dado que solo se necesita suministro en el origen y en el extremo receptor de la señal, hay menos componentes eléctricos en el sistema, lo que reduce los requisitos de mantenimiento y las posibilidades de que se produzcan fallos en equipos eléctricos. (VIAVI, 2021)

**2.2.4.2. Infraestructura y actualización más sencilla.** La arquitectura pasiva también elimina la necesidad de armarios de cableado, instalaciones de refrigeración o electrónica midspan. A medida que la tecnología avanza, solo los dispositivos de los extremos (OLT y ONT/ONU) se deben actualizar o sustituir, dado que la fibra óptica y la infraestructura de splitters permanece igual. (VIAVI, 2021)

**2.2.4.3. Uso eficaz de la infraestructura.** Todos los operadores necesitan sacar el máximo partido de la infraestructura nueva o existente y obtener una capacidad de servicio óptima del área de red existente. Los diversos estándares de redes PON combinados con servicios como la radiofrecuencia sobre vidrio (RFoG) o la superposición de vídeo de radiofrecuencia pueden coexistir en la misma red PON para ofrecer varios servicios (Triple-Play) y obtener más ancho de banda con la misma fibra. (VIAVI, 2021)

**2.2.4.4. Facilidad de mantenimiento.** Las redes de cobre que se están sustituyendo por redes PON son muy vulnerables a las interferencias electromagnéticas y al ruido. Al ser de carácter óptico, las redes PON no son

susceptibles a estas interferencias y conservan la integridad de la señal sin problemas en la distancia prevista. de problemas de estas redes son sencillos. (VIAVI, 2021)

### **2.3. Redes XG-PON**

Las redes XG-PON forman parte de las redes PON, sin embargo, estudiar a detalle los aspectos más relevantes de la tecnología XG-PON como una red óptica pasiva permite tener un conocimiento más claro sobre los beneficios que brinda la tecnología XG-PON para implementar en redes FTTH.

#### ***2.3.1. Definición de redes XG-PON***

Según la recomendación G.987.1 de la Unión Internacional de Telecomunicaciones - Recomendación UIT-T G.987.1 (2020), se especifica que esta tecnología de redes PON:

Trata los requisitos generales de los sistemas de redes ópticas pasivas con capacidad de 10 Gigabit (XG-PON), con el fin de orientar y motivar las especificaciones de la capa física y la capa de convergencia de transmisión. Además, esta Recomendación proporciona un mecanismo que permite la migración de abonados sin problemas de Gigabit PON (término genérico para representar tanto G-PON como GE-PON) a XG-PON utilizando la multiplexación por división de longitud de onda (WDM) definida en UIT-T G.984 Serie .x de Recomendaciones.

(International Telecommunication Union -ITU, 2020, p. 1)

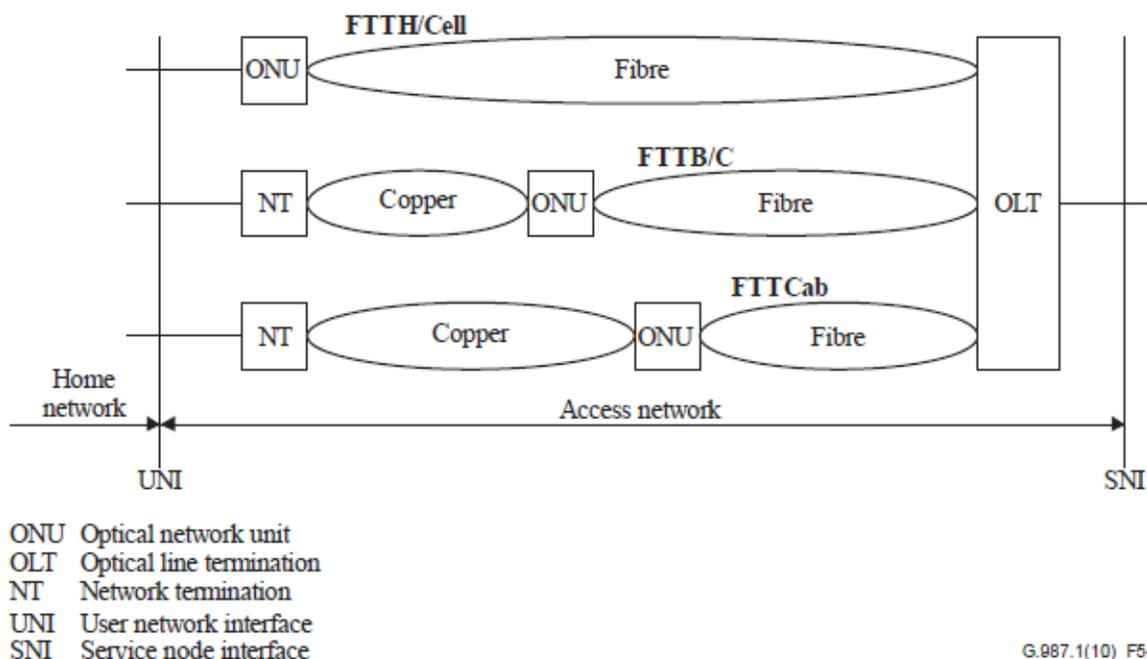
#### ***2.3.2. Arquitectura de redes ópticas XG-PON***

Existen varios tipos de arquitecturas XG-PON, para lo cual se va a explicar a detalle cada una de esas topologías para entender la relación que existe entre la tecnología XG-PON y la arquitectura de red FTTH.

**2.3.2.1. Red de Arquitectura.** La sección óptica de un sistema de red de acceso local puede ser activa o pasiva y su arquitectura puede ser punto a punto o punto a multipunto. En la Figura 29 se indican las arquitecturas más comunes para los sistemas de fibra óptica como son FTTH, FTTCcell, FTTB/C, FTTCab, entre otros, y para lo cual la red de distribución óptica es lo más común para todas las arquitecturas (Unión Internacional de Telecomunicaciones - Recomendación UIT-T G.987.1, 2020).

**Figura 29:**

*Arquitectura de redes ópticas XG-PON*



Fuente: (Unión Internacional de Telecomunicaciones - Recomendación UIT-T G.987.1, 2020)

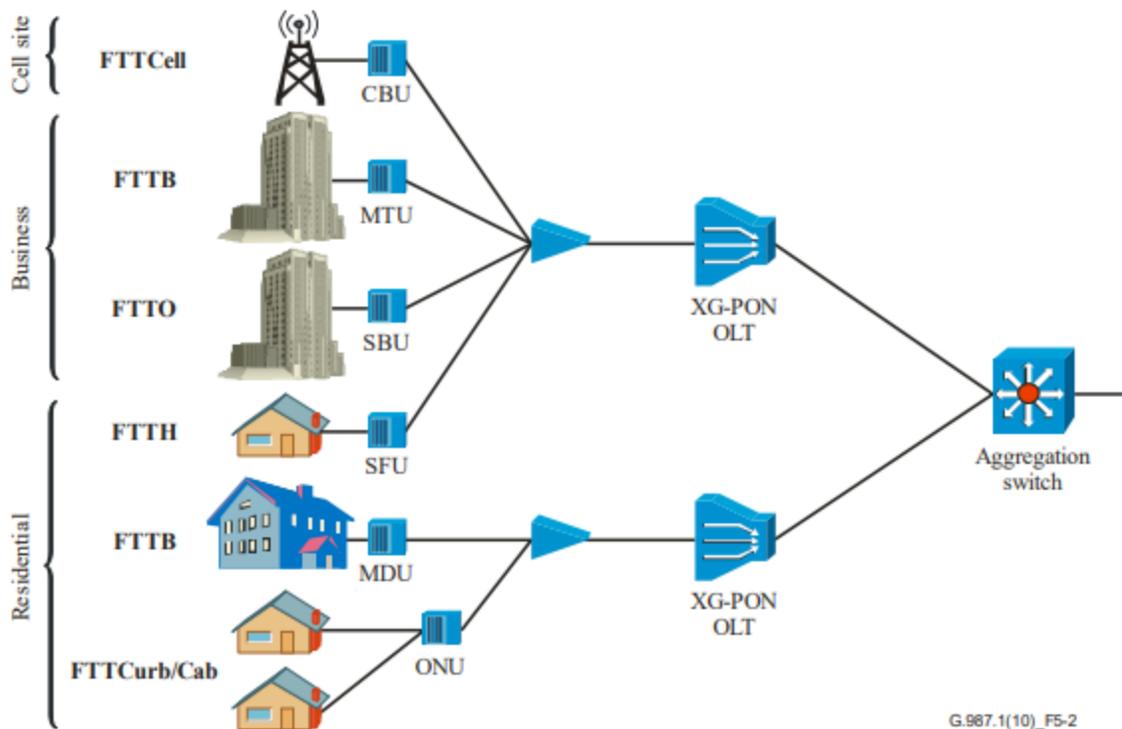
**2.3.2.2. Escenario FTTH.** Para este tipo de arquitectura, se tienen los siguientes enfoques:

- Servicios de banda ancha asimétrica
- Servicios de banda ancha simétricos
- POTS: la red de acceso debe poder proporcionar, de manera flexible, servicios telefónicos de banda estrecha mediante emulación o simulación.

La Figura 30 representa escenarios ejemplares de aplicaciones XG-PON

**Figura 30:**

*Escenarios de arquitecturas para XG-PON*



Fuente: (Unión Internacional de Telecomunicaciones - Recomendación UIT-T G.987.1, 2020)

### **2.3.3. Escenarios de Migración**

Los escenarios de migración explican la relación que existe entre la tecnología XG-PON y su anterior tecnología la G-PON, mediante varias formas de coexistencia entre ambas tecnologías, es así que se describen brevemente los escenarios más comunes de migración de tecnología G-PON a XG-PON

**2.3.3.1. Migración de PON heredado a XG-PON.** Gigabit PON como 1G-EPON ([b-IEEE 802.3]) se han estandarizado y ahora se están implementando en todo el mundo. En la actualidad con la necesidad de un ancho de banda mayor debido a aplicaciones comerciales y de consumo, utilizar una red PON de siguiente generación es brindar un ancho de banda mucho más grande. Además, considerando todos los recursos invertidos en la implementación de tecnologías G-PON, las nuevas tecnologías PON deben aprovechar estas implementaciones de infraestructura, pero garantizando la migración de una tecnología a otra de forma eficaz. Es así que existe una coexistencia entre G-PON y XG-PON se da en la especificación [UIT-T G.984.5 Amd.1], que trata de mejoramiento de las bandas de longitud de onda y la transmisión de TV en una longitud de onda separada (Unión Internacional de Telecomunicaciones - Recomendación UIT-T G.987.1, 2020).

Según la International Telecommunication Union -ITU (2020) existen dos principales escenarios de migración de G-PON a XG-PON, los cuales son:

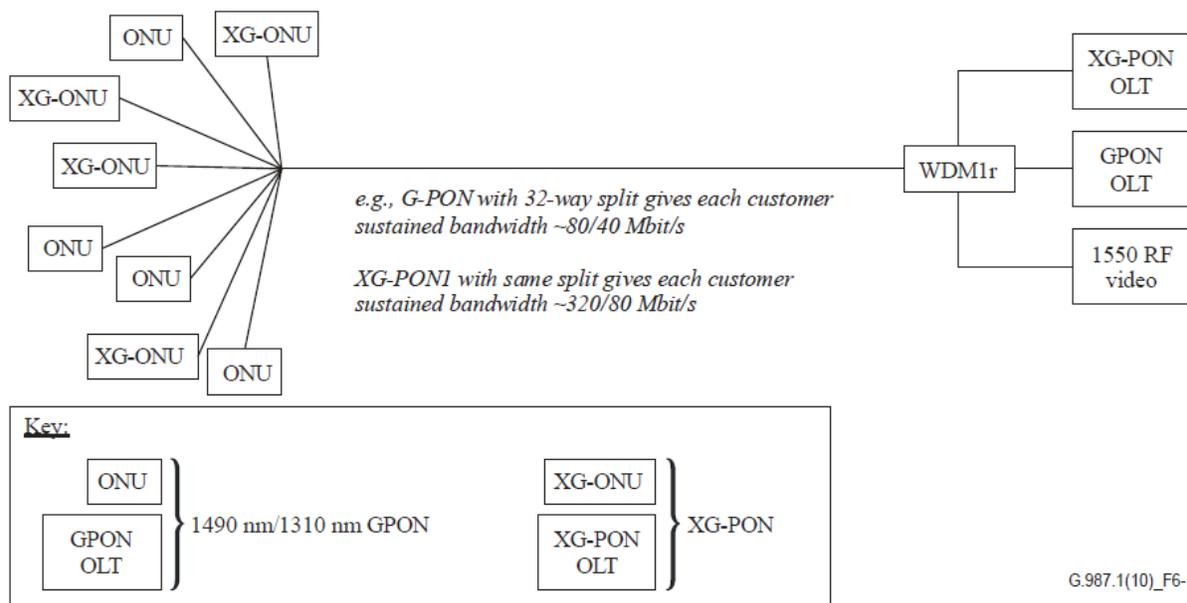
**2.3.3.2. Escenario de migración del campo marrón de PON.** Define el escenario de implementación en el que ya se ha establecido un sistema de red PON previamente y los operadores de red hacen uso de esta infraestructura para brindar

nuevos anchos de banda utilizando la tecnología XG-PON. Los requisitos generales para este escenario son los siguientes:

- La coexistencia entre Gigabit PON y XG-PON en la misma fibra debe ser compatible en el caso de que el recurso de fibra no sea necesariamente abundante.
- La interrupción del servicio para los suscriptores que no mejoran debe minimizarse
- XG-PON debe admitir/emular todos los servicios heredados de G-PON en el caso de una migración completa.

**2.3.3.3. Escenario de migración del campo verde de PON.** A diferencia que el anterior escenario de migración, lo que se hace en este caso es implementar la red de acceso nueva, lo que conlleva a una inversión de bastante tiempo. Pero cuando la red XG-PON se ha establecido fácilmente puede reemplazar a otras tecnologías como es el cobre.

**2.3.3.4. Migración de PON heredado a XG-PON.** La migración debe ser sin problemas y lo más transitorio posible usando la ya conocida tecnología WDM que se define en [UIT-T G.984.5 Amd.1] al que se debe de aplicar en todas las ONU. De todo lo demás ya serán criterios del operador si se desea seguir usando los mismos dispositivos de PON anteriores o realizar un reemplazo total desde el primer día del periodo de actualización. En el período de transición, para que G-PON y XG-PON funcionen simultáneamente, se instala un combinador/divisor WDM1r en la red, como se ilustra en la Figura 31.

**Figura 31:***Migración de PON heredado a XG-PON*

Fuente: (Unión Internacional de Telecomunicaciones - Recomendación UIT-T G.987.1, 2020)

### 2.3.4. Requisitos de Capa Física

Todos los requisitos de capa física que se detallan a continuación, según indica la International Telecommunication Union -ITU (2020), son los aspectos básicos para definir los requerimientos físicos de la tecnología XG-PON.

**2.3.4.1. Características de la fibra.** Para la tecnología XG-PON el uso del tipo de fibra óptica a usar es basado en [UIT-T G.652], que se utiliza ampliamente para G-PON. Actualmente los distintos tipos de fibras más nuevos son más factibles para la implementación ya que presentan especificaciones de radio de curvatura más bajos según [UIT-T G.657]

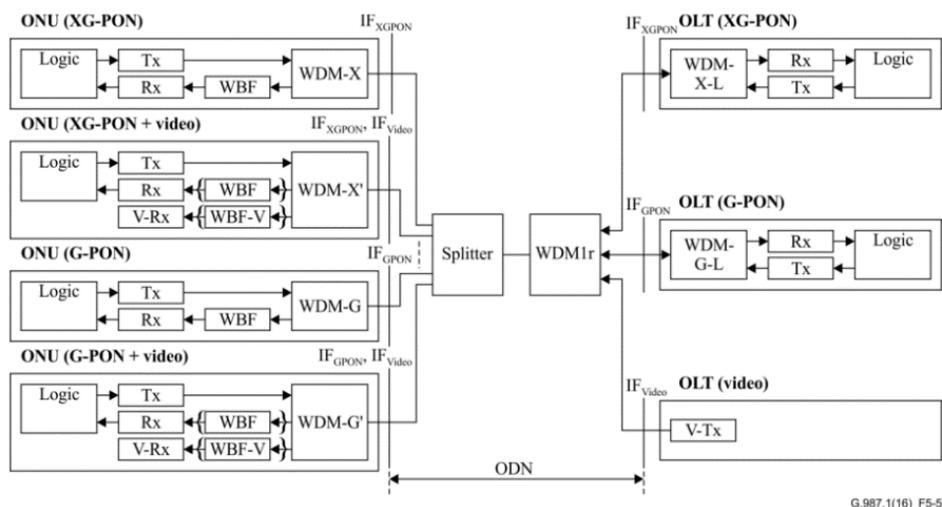
**2.3.4.2. Longitudes de onda para XG-PON.** Las longitudes de onda y tasa de bits usadas para la tecnología XG-PON son:

- Para el upstream, la "O-Band", que va desde 1260 a 1280nm.
- Para el downstream, "1577nm", que va de 1575 a 1580nm.
- XG-PON1: nominalmente 10 Gbit/s downstream, 2,5 Gbit/s upstream.
- XG-PON2: nominalmente 10 Gbit/s downstream 10 Gbit/s upstream.

**2.3.4.3. Presupuesto de Potencia Óptica.** La coexistencia de Gigabit PON y XG-PON en un ODN con un presupuesto óptico de clase B + es el requisito nominal. Con la pérdida adicional introducida por el dispositivo WDM1r, dos clases de presupuesto de potencia "Nominal" entre las dos IF<sub>XG-PON</sub> Se han seleccionado los puntos de referencia en la Figura 32, es decir, Nominal1 (29 dB) y Nominal2 (31 dB) con una BER de  $1E^{-12}$ . Las especificaciones detalladas para las clases nominales y la clase ampliada se abordarán en [UIT-T G.987.2].

**Figura 32:**

*Presupuesto de Potencia Óptica definido en la normativa de la UIT-T G.987.1*

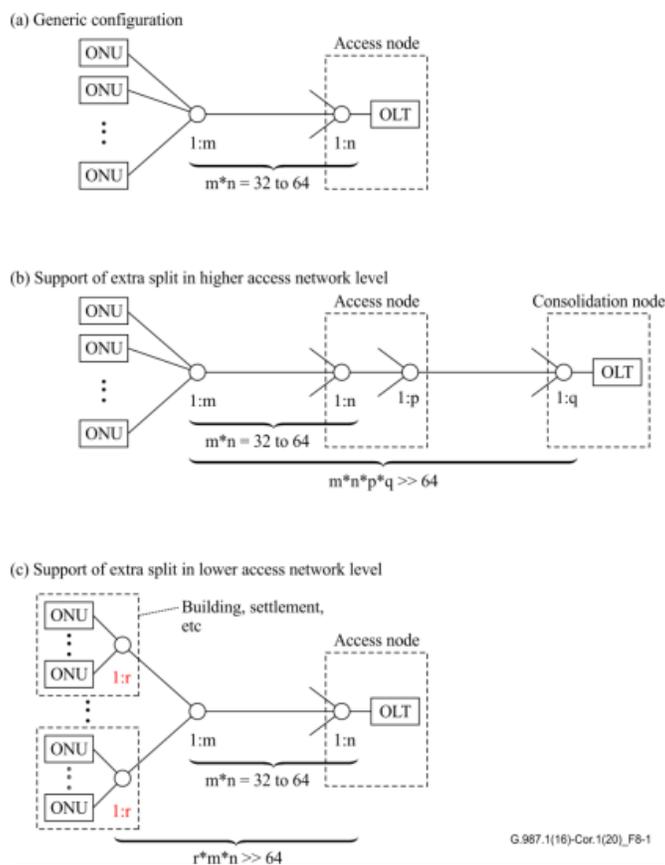


Fuente: (Unión Internacional de Telecomunicaciones - Recomendación UIT-T G.987.1, 2020)

**2.3.4.4. Relación de división.** En la Figura 33 (a) se muestra una implementación de divisor genérico de Gigabit PON. En este modelo, una arquitectura de división única es un caso especial, donde  $m=64$  y  $n=1$  y no se necesita divisor en el nodo de acceso. Esta alta relación de división es muy atractiva, especialmente para el "escenario de introducción independiente del servicio". La relación de divisor más alta permite extender PON en la sección de backhaul como se muestra en la Figura 33 (b) y/o extender PON hacia los usuarios finales como se muestra en la Figura 33 (c) para proporcionar configuraciones de divisor flexibles y un soporte eficiente una variedad de escenarios de implementación.

**Figura 33:**

*Relación de división óptica según cada caso de topología de splitteo definido en la normativa de la UIT-T G.987.1*



Fuente: (Unión Internacional de Telecomunicaciones - Recomendación UIT-T G.987.1, 2020)

**2.3.4.5. Distancia de fibra óptica.** [UIT-T G.987] presenta el concepto de distancia de fibra y distancia de fibra diferencial máxima. XG-PON1 debe soportar la distancia máxima de fibra de al menos 20 km.

Además, la capa XG-PON1 TC debe soportar la distancia máxima de fibra de 60 km. La capa XG-PON1 TC también debe soportar la distancia de fibra diferencial

máxima de hasta 40 km. La capa XG-PON1 TC también debe poder configurar la distancia de fibra diferencial máxima con un paso de 20 km.

### ***2.3.5. Requisitos de Nivel del Sistema***

Existen varios requerimientos a nivel del sistema XG-PON, para lo cual se detallan los requisitos más comunes y relevantes para la tecnología XG-PON.

**2.3.5.1. Ahorro de energía y eficiencia energética.** El ahorro de energía en los sistemas de redes de telecomunicaciones se ha convertido en una preocupación cada vez más importante en aras de reducir el OPEX de los operadores y reducir la contribución de la red a las emisiones de gases de efecto invernadero. Existen dos objetivos importantes para el ahorro de energía y mejorar la eficiencia energética; El primer objetivo es seguir brindando los servicios vitales como es servicio de voz, o también una batería cuando se corte el consumo eléctrico; El segundo objetivo es la eficiencia energética, es decir, reducir el consumo energético en la mayor parte del tiempo, conjuntamente usando los modos de servicio completo, servicio de descanso y servicio de suspensión optimizan el consumo energético (Unión Internacional de Telecomunicaciones - Recomendación UIT-T G.987.1, 2020).

**2.3.5.2. Autenticación/identificación/cifrado.** XG-PON como G-PON son tecnologías basadas en medios compartidos en el que todas las ONU de la red reciben los datos. Por tal motivo es necesario usar algún tipo de contramedida para evitar la suplantación de identidad, siendo estas contramedidas como: (Unión Internacional de Telecomunicaciones - Recomendación UIT-T G.987.1, 2020).

- Identificación del número de serie de la ONU y/o un ID de registro utilizado para el proceso de registro de la ONU.
- Autenticación de CPE, basada en [b-IEEE 802.1X]
- Se requiere un fuerte mecanismo de autenticación.

Cada ONU cuando recibe datos desde arriba usa un mecanismo de cifrado como lo es AES. Por lo tanto, XG-PON también proporcionará un mecanismo de intercambio de claves confiable que es necesario para iniciar una comunicación encriptada. En sentido ascendente, la función de cifrado será opcional y se implementará según los requisitos de cada operador.

**2.3.5.3. Ancho de banda dinámico.** La tecnología XG-PON puede admitir un DBA de modo que se pueda compartir de manera eficaz el AB entre cada ONU conectada a la red y una entidad portadora del tráfico en cada ONU en base a una indicación de la actividad. La indicación de actividad dinámica puede basarse en los dos métodos siguientes: (Unión Internacional de Telecomunicaciones - Recomendación UIT-T G.987.1, 2020)

- Informe de estado (SR) DBA emplea los informes explícitos de ocupación del búfer que son solicitados por la OLT y enviados por las ONU en respuesta.
- Monitoreo de Tráfico (TM) DBA emplea la observación de OLT de la cantidad de tráfico real en comparación con las oportunidades de transmisión ascendentes asignadas.

**2.3.5.4. Seguridad ocular.** Básicamente como la tecnología XG-PON usa potencia óptica más altas, existen riesgos oculares que pueden afectar la salud de los

usuarios finales, especialmente aquellos que no tienen el conocimiento sobre estos tipos de daños oculares y sobre todo cuando la fibra óptica termina en el hogar. Los elementos XG-PON deben cumplir con las siguientes clases específicas definidas en [IEC 60825-2], respectivamente: (Unión Internacional de Telecomunicaciones - Recomendación UIT-T G.987.1, 2020).

- Clase 1M para OLT
- Clase 1 para ONU
- Clase 1M para RE

### ***2.3.6. Requerimientos Operacionales***

Los aspectos de los requerimientos de operación, a diferencia que los requerimientos físicos del medio de transmisión de la tecnología XG-PON, como lo indica la International Telecommunication Union -ITU (2020), son los siguientes.

**2.3.6.1. ONU gestionada por OMCI.** Es muy deseable desde la perspectiva del funcionamiento de la red gestionar un sistema XG-PON, es decir, una OLT junto con sus ONU, como una sola entidad, gestionando las ONU a través de OLT, siempre que sea posible. Por lo tanto, XG-PON admitirá la gestión completa de PON en tiempo real a través de funciones de gestión y control de ONU, donde los conceptos y enfoques que se implementarán para G-PON (por ejemplo, OMCI) deben reutilizarse tanto como sea posible.

**2.3.6.2. ONU de doble gestión.** XG-PON admitirá opcionalmente la partición de gestión colaborativa de ONU entre XG-PON OMCI y mecanismos de

configuración remota (Unión Internacional de Telecomunicaciones - Recomendación UIT-T G.987.1, 2020).

**2.3.6.3. Supervisión PON.** El principal objetivo de la supervisión de la red PON es la reducción de los gastos de operación en los sistemas de fibra óptica, pero sin poner el riesgo los gastos de capital y la capacidad del ancho de banda (Unión Internacional de Telecomunicaciones - Recomendación UIT-T G.987.1, 2020).

La capacidad de diferenciar de manera confiable entre fallas ópticas y eléctricas y establecer si las fallas están en el ODN o en la electrónica es un requisito del operador clave. Por lo general, la inferencia se puede hacer a partir de la presencia (es decir, falla de energía o del equipo), o ausencia (es decir, falla de la fibra), de la alarma de jadeo agonizante de la ONU. Varios puntos clave para la supervisión de XG-PON se pueden resumir de la siguiente manera: (Unión Internacional de Telecomunicaciones - Recomendación UIT-T G.987.1, 2020).

- Monitoreo/verificación de ODN
- Los sistemas XG-PON se beneficiarían de la capacidad de detectar y localizar fallas
- Supervisión del rendimiento de un extremo a otro hasta la capa de Ethernet
- Reparación proactiva versus reactiva
- Coexistencia de G-PON con XG-PON a través de WDM1r

## **2.4. Arquitecturas de Red de Fibra Óptica (FTTH)**

Para entender de mejor manera la arquitectura de red FTTH, se va a explicar su definición y posteriormente se detalla los componentes o elementos que conforman esta arquitectura de red.

### ***2.4.1. Definición de Arquitectura FTTH***

Según lo indica la empresa Griip (2021) se puede definir a la arquitectura FTTH como: Fibra Óptica Al Hogar - deriva de sus siglas en inglés FTTH (Fiber To The Home) - es una tecnología de telecomunicaciones que consiste en la utilización de cableado de fibra óptica y sistemas de distribución ópticos para la provisión de servicios de Internet (banda ancha), Telefonía IP y Televisión (IPTV) a hogares, negocios y empresas.

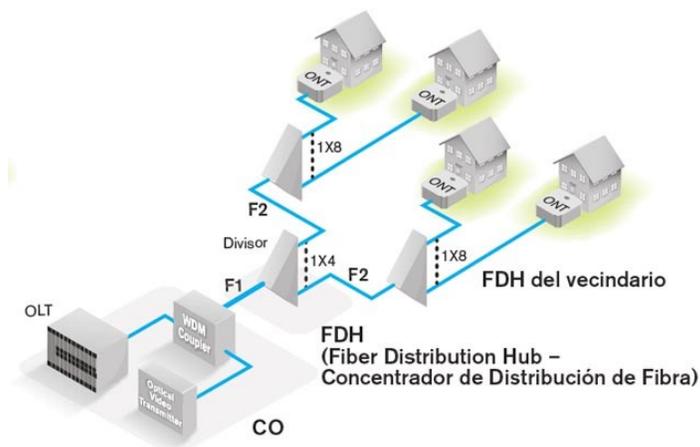
### ***2.4.2. Componentes de Arquitectura FTTH***

Los componentes principales y la arquitectura general de la red FTTH en cualquier operador de telecomunicaciones como lo indica (Technopediasite, 2018):

Incluyen el terminal de línea óptica (OLT), el marco de distribución óptica (ODF), el divisor óptico pasivo (POS), el terminal de distribución de fibra (FDT), el terminal de acceso de fibra (FAT), Unidad/terminal de red óptica (ONU/ONT). Todos estos elementos son los que conforman una red FTTH, ver Figura 34.

**Figura 34:**

*Arquitectura FTTH, distribución de red de fibra óptica y los componentes con conforman la arquitectura*



Fuente: (Rodríguez, Introducción a la tecnología FTTH, 2013)

Ahora bien, como ya se sabe cuáles son los elementos que conforman la arquitectura de red FTTH, se define detalladamente cada uno de los equipos que forman parte de esta arquitectura de red, sin embargo, se han clasificado en dos grupos estos elementos.

Empezando por el primer grupo se tiene los siguientes elementos de la arquitectura de red FTTH – XG-PON, según indica Huawei Technologies Co., Ltd (2019) se pueden definir de la siguiente manera estos elementos activos.

**2.4.2.1. OLT.** El dispositivo OLT es un dispositivo de oficina central importante, el cual se puede conectar al Switch frontal mediante un cable de red y convertirlo en una señal óptica. La fibra óptica única está interconectada con el

divisor óptico en el extremo del usuario. Se implementan el control, la gestión y el alcance desde la ONU del equipo de usuario, ver Figura 35.

**Figura 35:**

*Terminal De Línea Óptica (OLT) que conforman parte de la arquitectura de red FTTH*



Fuente: (Technopediasite, 2018)

**2.4.2.2. ONU y ONT.** Son dispositivos del lado del usuario. En esencia, no hay diferencia, pero si son diferentes. Para un ejemplo simple, en una celda, la ONT es un dispositivo ubicado directamente en la casa del usuario, y la ONU puede colocarse en el corredor, y cada usuario está conectado a la ONU a través de un dispositivo como un Switch. En la Figura 36 se observa un equipo ONU.

**Figura 36**

*ONU que conforman parte de la arquitectura de red FTTH*



Fuente: (Amazon, 2021)

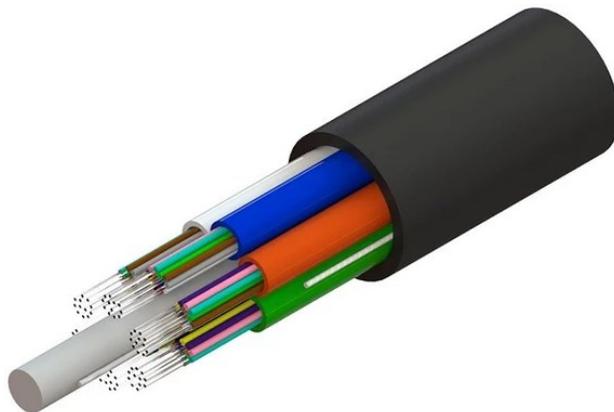
**2.4.2.3. Módulo transceptor SFP.** Un SFP básicamente es un equipo transceptor insertable en caliente cuyo fin es que sirve como interfaz entre dos equipos de comunicaciones los cuales pueden ser un Switch, Router o OLT, entre otros y la red de fibra óptica, además están diseñados para soportar diferentes estándares de comunicaciones (Alea Soluciones, 2017).

Ahora bien, una vez que se ha definido el primer grupo, es momento de definir los elementos pasivos que conforman el segundo grupo, los cuales son:

**2.4.2.4. Cables de fibra óptica.** Como bien se sabe, un cable de fibra óptica básicamente se compone por varios conjuntos o agrupaciones de fibras capaces de transmitir señales luminosas que comparten el mismo espacio físico, es decir el mismo medio de transmisión que poseen varios recubrimientos con el objetivo de dar protección a los hilos de fibra óptica (Andrade, 2020). En la Figura 37, se observa un cable de fibra óptica.

**Figura 37**

*Cables de fibra óptica que conforman parte de la arquitectura de red FTTH*



Fuente: (Andrade, 2020)

**2.4.2.5. Conectores y acopladores de fibra óptica.** Como se explicó en el capítulo de marco teórico, existen varios tipos de conectores, sin embargo, en este punto el objetivo de dar a conocer como los conectores de fibra óptica conforma la red FTTH, adicionalmente aparte de ser un elemento de la red FTTH se define que los conectores son considerados el enlace más débil en un sistema de fibra óptica, porque marcan un punto en el que puede ocurrir pérdida de señal. También existen los acopladores de fibra óptica cuyo fin es acoplar varios hilos de fibra óptica usando diferentes tipos de conectores (Rodríguez, 2016). En la Figura 38 se observa la composición de los conectores de fibra óptica.

**Figura 38**

*Conectores de fibra óptica que conforman parte de la arquitectura de red FTTH*



Fuente: (Rodríguez, 2016)

**2.4.2.6. Splitters.** Splitters ópticos, son elementos de una red de fibra óptica que conforman la estructura pasiva de la red y que son los responsables de dividir la señal óptica en varias señales. Permiten que la señal óptica sea emitida desde la central de equipos a través de algunas fibras y que sea dividida por splitters divisores para poder llegar así a un número mayor de usuarios (Silex Fiber, 2021). En la Figura 39 se observa un splitter óptico.

**Figura 39**

*Splitters ópticos que conforman parte de la arquitectura de red FTTH*

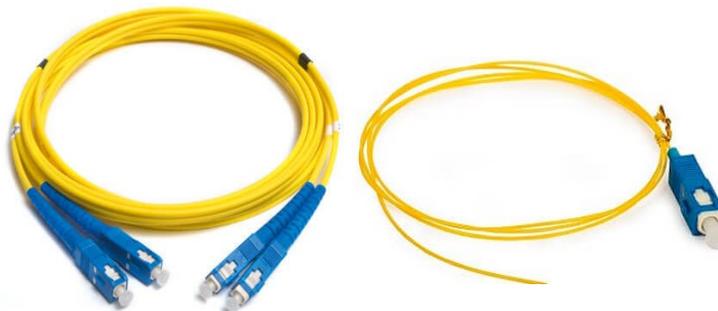


Fuente: (Silex Fiber, 2021)

**2.4.2.7. Pigtailes y Patch Cords.** La definición de estos elementos de la arquitectura de red FTTH son simples, sin embargo, se define que de acuerdo al mercado de fibra óptica se denomina Patch Cord como un cable de fibra óptica que se encuentra conectorizado en ambos extremos, mientras que un Pigtail se define como un cable de fibra óptica conectorizado solo en un extremo (DYCOCET S.A., 2017). En la Figura 40 se observa la diferencia entre un Patch Cord y Pigtail.

**Figura 40**

*Patch Cords y Pigtails que conforman parte de la arquitectura de red FTTH*

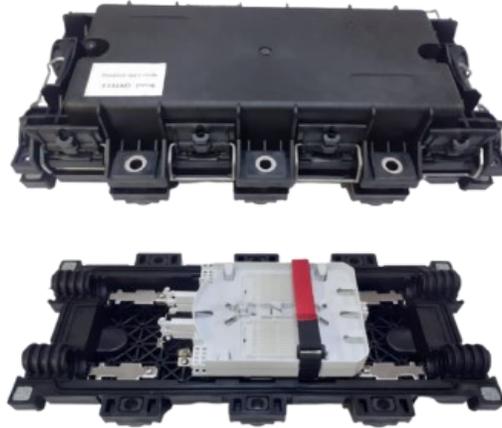


Fuente: (DYCOCET S.A., 2017)

**2.4.2.8. Mangas de empalme.** La definición formal de las mangas de empalme es que son un componente de las arquitecturas de red de fibra óptica FTTH, y son utilizadas para mejorar la protección o el posicionamiento de soporte de empalmes de fibra óptica. También se conocen como los NAPs de los distintos niveles de la red de fibra óptica (FOCC, 2020). En la Figura 41 se observa una manga de empalme del tipo lineal.

**Figura 41**

*Mangas de empalme que conforman parte de la arquitectura de red FTTH*



Fuente: (OPTYTECH, 2021)

**2.4.2.9. ODF.** El marco de distribución óptica (ODF) es el marco de la red donde las fibras de los cables exteriores se terminan y están disponibles para interactuar con el equipo activo o el parcheo. El ODF ofrece una conexión flexible entre los puertos o divisores de equipos activos y la terminación del cable exterior. Las fibras se identifican y almacenan en carcasas o estantes separados físicamente para simplificar el mantenimiento de la fibra y para proteger o evitar interferencias accidentales en los circuitos de fibra.

### **3. Capítulo: Situación actual**

El presente capítulo explica la situación actual del servicio de Internet de los barrios San Miguel y San Vicente pertenecientes a la parroquia de Cristóbal Colón en el Cantón Montúfar. El análisis de la situación actual permite tener una visión más detallada y actual sobre los siguientes aspectos como son: La oferta por parte de los proveedores que existen en el sector y la demanda que se tiene de los residentes sobre el servicio de Internet. Además, una vez que se entiende los dos aspectos mencionados es necesario saber la situación actual del servicio de Internet como también la cantidad de abonados existentes y las necesidades de los usuarios, para que este enfoque permita servir de base para el adecuado diseño de la red de fibra óptica.

#### **3.1. Análisis de la demanda y oferta**

El análisis de la situación actual sobre la demanda que existe de los residentes y la oferta del servicio de Internet por parte de los proveedores es importante tomar en cuenta para el desarrollo del presente proyecto de tesis, esto se debe a que el estudio de este proyecto está dirigido a una empresa proveedora del servicio de Internet, es necesario entender el análisis de oferta que existen en los barrios y la demanda posible de los ciudadanos. Por tal motivo a breves rasgos se debe entender los conceptos fundamentales de las herramientas de estudio como son la demanda y la oferta (Julio, 2021).

##### ***3.1.1. Las herramientas de la demanda y oferta***

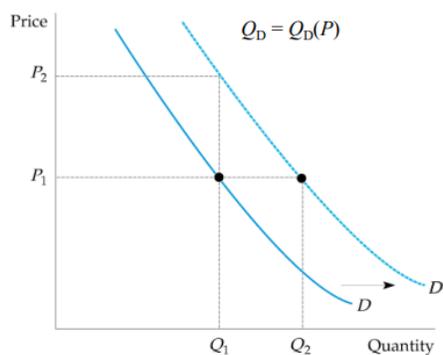
El estudio de las propiedades de oferta y demanda, son herramientas que tienen un amplio campo aplicativo, entre sus principales soluciones a problemas se tiene: Entender las condiciones económicas a nivel mundial sobre la producción y el consumo de un bien o servicio;

Evaluar los precios de los bienes o servicios controlados por los gobiernos, los salarios y los subsidios a la producción. Ahora bien, una vez que se ha entendido el uso de estas dos herramientas, es muy importante saber cómo funcionan las curvas de demanda y oferta para optar siempre por un producto o servicio que se puede vender al público a un costo accesible (Julio, 2021).

**3.1.1.1. La curva de Demanda.** La curva de la demanda se define como la relación entre la cantidad de un producto que los consumidores están dispuestos a comprar y su precio. Es de esta manera que la pendiente de la curva de demanda es negativa, en la Figura 42 se representa este análisis que define lo siguiente; cuando el precio de un producto representado como  $P_2$  aumenta, la demanda de ese producto representado como  $Q_1$  es menor, y por el contrario cuando el precio de ese mismo producto representado como  $P_1$  es menor la demanda por parte de los consumidores representado como  $Q_2$  aumenta. La curva representada como  $D$  se desplaza a la derecha ahora siendo  $D'$  (Julio, 2021).

**Figura 42**

*Curva de demanda y su relación que existe entre la cantidad de un producto y su valor*

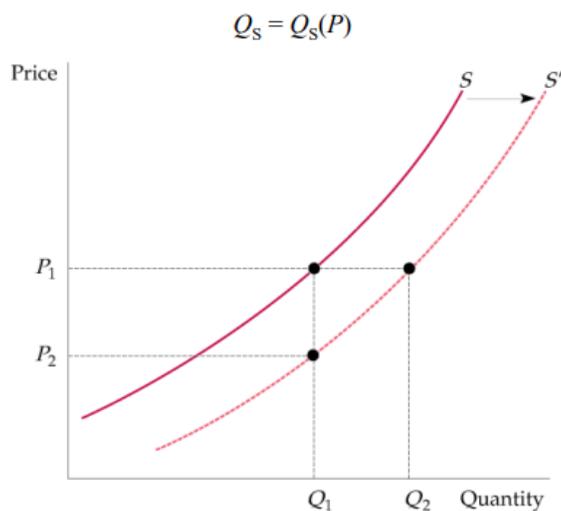


Fuente: (Julio, 2021).

**3.1.1.2. La curva de Oferta.** Por el contrario, se define a la curva de oferta como la relación existente entre la cantidad de bienes o servicios que los productores están dispuestos a ofrecer y el precio por el cual se venden dichos bienes o servicios. Por esta razón es que la curva de oferta posee una pendiente positiva como se observa en la Figura 43 y el análisis respectivo indica que cuando el precio de un producto representado como  $P_1$  aumenta, también aumenta la oferta del producto representado como  $Q_2$ , y si el precio de un bien representado como  $P_2$  disminuye también su oferta de producción representado como  $Q_1$ . La curva de oferta inicial representada como  $S$  se desplaza a la derecha como  $S'$  (Julio, 2021).

**Figura 43**

*La curva de oferta es la relación existente entre la cantidad de bienes producidos y el precio a pagar*



Fuente: (Julio, 2021).

Ahora bien, una vez que se ha definido de forma concisa la utilidad de las herramientas de demanda y oferta, se procede a explicar cómo es la distribución territorial y poblacional y cuál va a ser la zona de cobertura donde se va a realizar el diseño de la red de fibra óptica, esto con la finalidad de delimitar exclusivamente y a detalle la zona de análisis y de la cual se requiere saber la situación actual respecto al servicio de Internet.

### **3.2. Distribución territorial y poblacional**

Como bien se mencionó en el párrafo anterior, lo relevante de este apartado es explicar la situación actual respecto a la distribución territorial y poblacional de la parroquia de Cristóbal Colón y de los barrios de análisis de los cuales se va a hacer el diseño de la red de fibra óptica. Adicionalmente, se realiza una proyección del incremento poblacional para la parroquia de Cristóbal Colón a 10 años y cuál va a ser su número de residentes para el año del 2031.

#### ***3.2.1. Ubicación geográfica de la parroquia de Cristóbal Colón***

La parroquia de Cristóbal Colón se encuentra ubicada en el cantón Montúfar de la provincia del Carchi. Para definir detalladamente la ubicación geográfica de la parroquia de Cristóbal Colón y su estructura geográfica interna, se dan a conocer los límites del cantón Montúfar que se encuentra a ubicado a 40 km de la ciudad de Tulcán capital de la provincia del Carchi. Sus limitaciones geográficas son las siguientes (Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Montúfar - GADCM, 2020):

- Al norte limita con el cantón Tulcán
- Al sur limita con los cantones Bolívar y Sucumbíos
- Al este limita con los cantones Sucumbíos, Huaca y Tulcán
- Al oeste limita con los cantones Bolívar y Espejo

La extensión del cantón Montúfar se conforma de 38.073,21 km<sup>2</sup>, de los cuales se tiene 775,01 km<sup>2</sup> distribuidos en las parroquias urbanas y el resto en las cinco parroquias rurales. La

Tabla 3 indica la distribución por área y el porcentaje del total de la extensión, tomando de la misma tabla que el porcentaje de expansión para la parroquia de Cristóbal Colón es del 8,14% en su totalidad, pero del 0,25% para los barrios urbanizadas y del 7,89 para los barrios rurales (GADCM, 2020).

**Tabla 3**

*Distribución geográfica por parroquias urbanas y rurales del cantón Montúfar en la provincia del Carchi*

Parroquia	Área	
	km <sup>2</sup>	%
Área Urbana		
Parroquias Urbanas (Cabecera Cantonal)		
González Suárez	160.21	0.42
San José	284.80	0.75
Parroquias Rurales (Cabeceras)		
Cristóbal Colón	97.00	0.25
Chitan de Navarrete	48.00	0.13
Fernández Salvador	37.00	0.10
La Paz	95.00	0.25
Piartal	53.00	0.14
Subtotal Urbano	775.01	2.04
Área Rural		
Parroquias Urbanas (Cabecera Cantonal)		
González Suárez	5215.94	13.70
San José	9462.30	24.85

Parroquias Rurales (Cabeceras)		
Cristóbal Colón	3003.35	7.89
Chitan de Navarrete	3912.53	10.28
Fernández Salvador	2584.13	6.79
La Paz	11247.32	29.54
Piartal	1872.64	4.92
Subtotal Rural	37298.20	97.964
Total Cantonal	38073.21	100.00

Fuente: (GADCM, 2020)

### ***3.2.2. Distribución territorial de la Parroquia Cristóbal Colón***

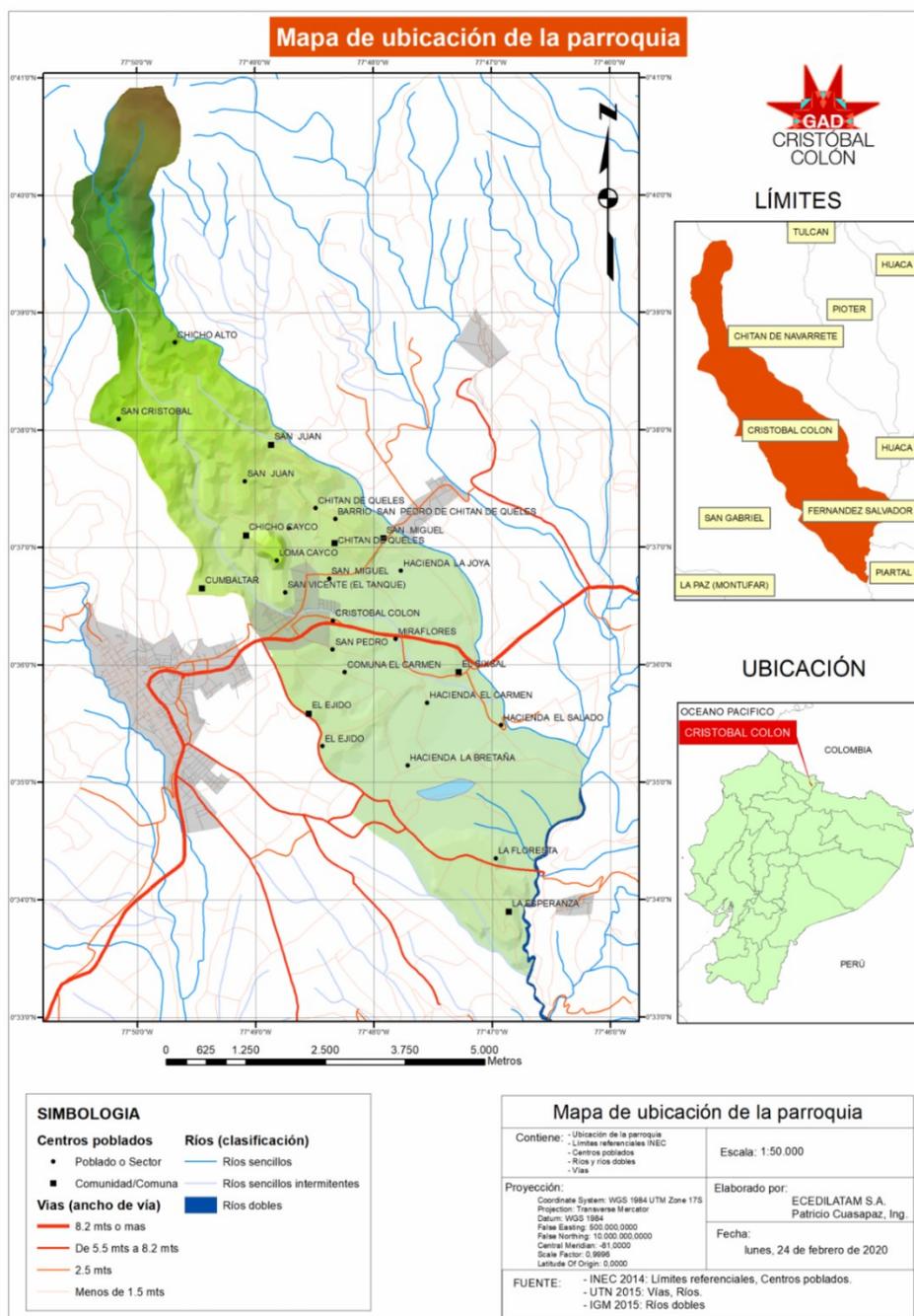
Teniendo en cuenta la distribución geográfica y territorial del cantón Montúfar y todas sus parroquias, ahora se puede detallar el ordenamiento territorial y poblacional de la parroquia Cristóbal Colón, más precisamente los barrios urbanos San Miguel y San Vicente. En la Figura 44 se puede observar el mapa de ubicación de la parroquia Cristóbal Colón que limita de la siguiente manera (GAD Parroquial Cristóbal Colón, 2015):

- Al norte: Chitán de Navarrete
- Al este: Fernández Salvador y Piartal
- Al sur: San Gabriel
- Al oeste: San Gabriel

Los barrios San Miguel y San Vicente pertenecen a los barrios urbanizados de la parroquia de Cristóbal Colón, en la Figura 45 se indica el mapa base de la parroquia y se detalla adecuadamente los barrios mencionados y su distribución zonal y puntos estratégicos de la cabecera parroquial.

Figura 44

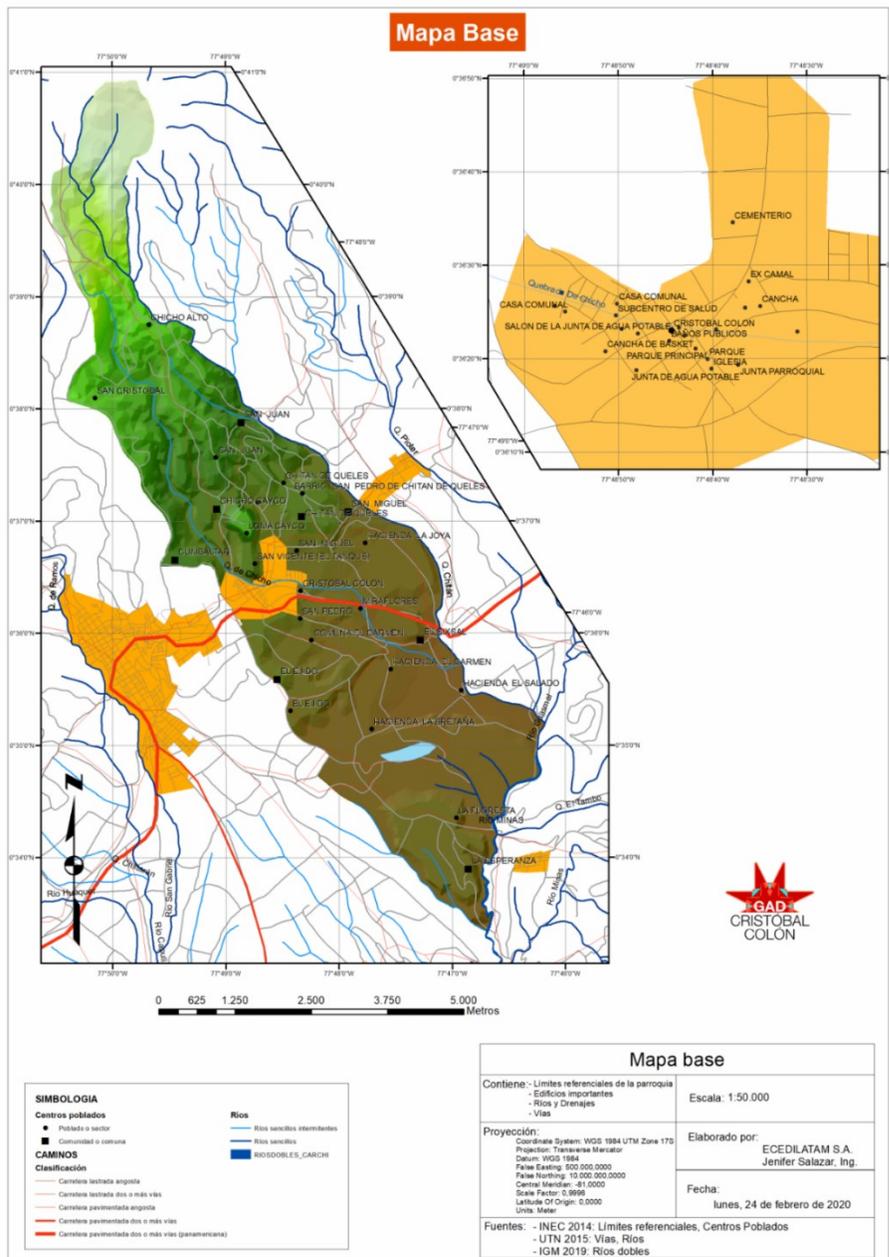
Mapa de ubicación de la parroquia de Cristóbal Colón



Fuente: (GAD Parroquial Cristobál Colón, 2020)

Figura 45

Mapa base de la parroquia de Cristóbal Colón



Fuente: (GAD Parroquial Cristobál Colón, 2020)

### 3.2.3. Distribución poblacional de la Parroquia de Cristóbal Colón

La población total del cantón Montúfar en el año del 2010 fue de 30.511 habitantes con un porcentaje de población masculina del 49% y un porcentaje de población femenina del 51%. Para el año 2020 se tiene que la población del cantón es de 34.229 habitantes. En la Tabla 4 se identifica la distribución poblacional de habitantes masculinos y femeninos de la parroquia de Cristóbal Colón para el año 2010 y el año 2020 según el (GADCM, 2020).

**Tabla 4**

*Número total de habitantes de la parroquia de Cristóbal Colón para el año 2010 y para el año 2020*

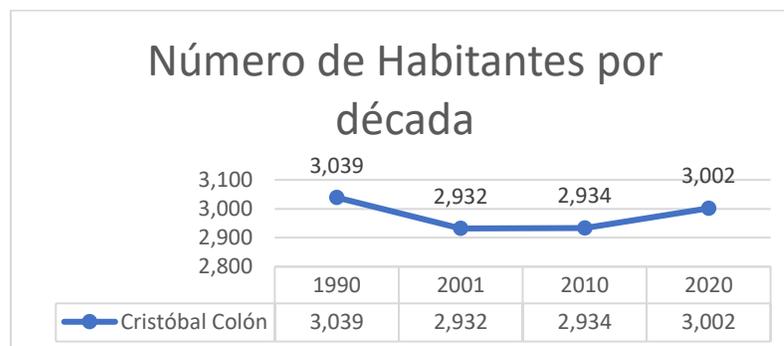
<b>Parroquia</b>	<b>Años</b>	<b>Total Habitantes</b>
Cristóbal Colón	2010	2943
	2020	3002

Fuente: (GADCM, 2020).

De acuerdo con los datos obtenidos de los últimos censos realizados en el país, se tiene la siguiente Tabla 5 donde se indica el número de habitantes para cada década y se analiza como la variación del número de habitantes en el transcurso de los años es mínima.

**Tabla 5**

*Número total de habitantes de la parroquia de Cristóbal Colón desde el año de 1990*



Fuente: Autoría propia

Específicamente en los barrios San Miguel y San Vicente se tiene un total de 296 hogares que se encuentran ubicados en la cabecera parroquial o el sector urbanizado de la parroquia de Cristóbal Colón. En la Tabla 6 se muestra la distribución poblacional para los tres barrios urbanizados de la parroquia (Bolaños M. G., Entrevista sobre el números de viviendas en los barrios San Miguel y San Vicente, 2021).

**Tabla 6**

*Número total de viviendas para los barrios urbanizados de la parroquia de Cristóbal Colón , se tiene que los barrios de análisis hay 296 viviendas u hogares*

<b>Barrios</b>	<b>Nº viviendas</b>	<b>% de Población</b>
San Miguel	296	62.58%
San Vicente		
San Pedro	177	37.42%
Total	473	100.00%

Fuente: (Cuasapas, 2020). Modificado por: El autor

### 3.2.4. Proyecciones de Población

Ahora bien, ya que se sabe con certeza el número de habitantes en cada década desde el año 1990 hasta el año 2020, en la Tabla 7 se detalla cómo fue la tasa de crecimiento poblacional de la parroquia (GAD Parroquial Cristobál Colón, 2020).

**Tabla 7**

*Tasa de crecimiento poblacional de la parroquia de Cristóbal Colón por cada periodo de 10 años desde el año de 1990 hasta el año de 2020*

Rangos de Censos	Total
1990-2001	-0.33%
2001-2010	0.04%
2010-2020	2.31%

Fuente: (GAD Parroquial Cristobál Colón, 2020)

Para determinar la proyección poblacional en un periodo utilizando datos censales se lo puede hacer mediante la Ecuación [ 5 ], que es una fórmula matemática que sigue un crecimiento geométrico (Ortegón, Pacheco, & Roura, 2005):

$$P_t = P_0(1 + r)^t \quad \text{Ecuación [ 5 ]}$$

Donde;

- $P_t$  = Población en el año “t”, que se va a estimar
- $P_0$  = Población en el año “base” (conocida)
- $r$  = Tasa de crecimiento anual
- $t$  = Número de años entre el “año base” (año cero) y el año “t”

La proyección que se tendrá para el año 2031 del número de habitantes, considerando un incremento poblacional para un periodo de 10 años, que corresponde a la parroquia de Cristóbal Colón se detalla en la Tabla 8, por lo que se puede establecer una diferencia de habitantes entre los años 2010, 2020 y el 2031, la razón se debe a que es una parroquia rural y en su mayoría de expansión territorial solo la cabecera cantonal es urbanizada.

A continuación, en la Ecuación [ 6 ] se detalla y se obtiene el análisis matemático de la proyección poblacional para el año 2031 con una tasa de crecimiento anual del 0,231% según el censo del año 2020:

$$Pt = P_0(1 + r)^t \quad \text{Ecuación [ 6 ]}$$

$$Pt = 3002(1 + 0,00231)^{10}$$

$$Pt = 3072$$

**Tabla 8**

*Número de residentes totales para los años del 2010, 2014, 2020 y 2031*

<b>Parroquia Cristóbal Colón</b>	
Años	Habitantes
2010	2943
2014	2954
2020	3002
2031	3072

Fuente: (GAD Parroquial Cristobál Colón, 2020)

El objetivo de explicar previamente la situación actual de los dos aspectos fundamentales de una zona de estudio como son su distribución territorial y su distribución poblacional conjuntamente en este último punto con un análisis de proyección poblacional, permite

comprender de mejor manera el número de viviendas u hogares que existen en los barrios San Miguel y San Vicente, sus tasas de crecimiento por cada 10 años y el porcentaje de residentes que ocupan estos barrios del total para la zona urbanizada de la parroquia de Cristóbal Colón.

### **3.3. Situación actual de Abonados – Proveedores y proyecciones de abonados**

Ahora bien, como el objetivo de diseñar adecuadamente una red de fibra destinada a brindar el servicio de Internet para los residentes de los barrios San Miguel y San Vicente es que se ofrezca un servicio eficiente a un costo accesible para los pobladores de este sector. Por tal razón es muy importante realizar un análisis de la situación actual de la demanda de los abonados sobre el servicio y también un análisis sobre la situación actual de oferta por parte de los proveedores existentes en esos barrios. A continuación, se realiza el análisis sobre los dos puntos mencionados, empezando por la situación actual de los abonados y posteriormente estudiando la situación actual de proveedores existentes en los barrios San Miguel y San Vicente.

#### ***3.3.1. Situación actual de Abonados***

En la parroquia Cristóbal Colón existían 185 hogares en la cabecera parroquial para el año del 2010 y según el Censo de Población y Vivienda de ese mismo año apenas el 5,23 % de los hogares contaban con acceso a Internet en casa siendo de 19 casos (Cuasapas, 2020). En la Tabla 9 se indica la situación de abonados que poseían el servicio de internet de los barrios urbanizados de la parroquia para el número total de hogares de ese entonces.

**Tabla 9**

*Número total de abonados de Internet en casa para el año 2010 de la zona urbanizada de la parroquia de Cristóbal Colón*

<b>Disponibilidad de Internet</b>	<b>N° Hogares</b>	<b>Porcentaje</b>
Si	19	5.23%
No	166	94.77%
Total	185	100%

Fuente: (Cuasapas, 2020)

En la Tabla 10 se detalla el análisis sobre la situación actual de abonados con acceso a Internet, de esta manera se tiene que para el año 2020 el número de hogares encuestados según el informe de conectividad realizado por el GAD parroquial del sector urbanizado que cuentan con acceso a Internet es de 87 hogares. Siendo que en el año 2010 los hogares que poseían Internet eran del 5,23%, se tiene que el porcentaje de viviendas que tienen acceso a Internet para el 2020 es del 18,39%, lo que indica que la tasa de crecimiento es del 1,31% anual en un periodo de 10 años (Cuasapas, 2020).

**Tabla 10**

*Número total de abonados de Internet en casa para el año 2020 de la zona urbanizada de la parroquia de Cristóbal Colón*

<b>Disponibilidad de Internet</b>	<b>N° viviendas</b>	<b>%</b>
Si	87	18.39%
No	386	81.61%
Total	473	100.00%

Fuente: (Cuasapas, 2020)

### 3.3.2. Situación actual de Proveedores de Internet

A continuación, en la Tabla 11 se indican los proveedores del servicio de Internet para la parroquia de Cristóbal Colón actualizados para el año 2021. El número total de abonados actualizados son datos reales obtenidos por cada proveedor. Se debe analizar también que, aunque CNT E.P. es la empresa con la mayoría de abonados del total, existen otras empresas que tienen cifras muy similares de abonados como es el caso de Andinared y de Saitel, y este dato indica que la demanda por parte de los abonados es muy dividida entre todos los proveedores, en otras palabras, no existe un favoritismo hacia algún proveedor en particular.

**Tabla 11**

*Número de abonados totales por cada proveedor del total para el año 2021*

ISP	Barrios San Miguel y San Vicente	Porcentaje por Proveedor
CNT E.P.	30	31.57%
ANDINARED	20	21.05%
SAITEL	23	24.21%
CINE CABLE	13	13.68%
TELENLACES	9	9.47%
<b>Total</b>	<b>95</b>	<b>100%</b>

Fuente: (ISP, 2021)

### 3.3.3. Proyecciones de abonados

Un aspecto muy importante que se debe tomar en cuenta en este punto, es la proyección de abonados que se pueda tener en un cierto periodo a futuro. El proceso matemático que se va a

usar para determinar las proyecciones de abonados es en base a la Ecuación [ 6 ] que se define en el punto de proyecciones de población de forma que ahora se haga un análisis respecto a la proyección de abonados futuros para un cierto periodo.

A continuación, se detalla en la Ecuación [ 7 ] la proyección de abonados para los barrios San Miguel y San Vicente en un periodo de 10 años y tomando en cuenta la tasa de crecimiento de poblacional que es del 2,31%.

$$Pt = 95(1 + 0,0231)^{10} \quad \text{Ecuación [ 7 ]}$$

$$Pt = 119$$

En la Tabla 12 se observa la proyección de futuros abonados que habrá en un periodo de 10 años y se lo compara con la cantidad de abonados existentes para el año 2021 con un incremento del 25,15% en una década.

**Tabla 12**

*Proyecciones de futuros abonados para los barrios San Miguel y San Vicente en un periodo de 10 años*

<b>Disponibilidad de Internet</b>	<b>N° Abonados</b>	<b>Proyecciones</b>	<b>Incremento 10 años</b>
Si	95	119	25.15%

Fuente: Autoría propia

Hasta este punto es necesario recapitular el análisis pertinente sobre la situación actual de los barrios San Miguel y San Vicente en la parroquia de Cristóbal Colón. Inicialmente se definieron los conceptos de demanda y oferta ya que el objetivo del presente proyecto de tesis es el diseño de la red de fibra óptica para una empresa, es decir saber en qué condiciones actuales se

encuentra el servicio de Internet tanto en la oferta y la demanda por lo que entender las curvas de demanda y oferta da un mejor entendimiento para el análisis actual. Posteriormente, se realizó el análisis de la situación actual respecto a la distribución territorial y poblacional (proyección poblacional) para saber cuántos habitantes existen y que cantidad de moradores del total residen en los barrios urbanizados de la parroquia de Cristóbal Colón. Pues bien, ahora ya al saber la situación actual del número de viviendas y sus tasas de crecimiento desde el año de 1990 y la proyección para 10 años, es de estos residentes de los cuales interesa saber si poseían el servicio de Internet y en la actualidad cuantos abonados se han ido incrementando al total, es decir analizar la demanda del servicio de Internet en números, y paralelamente a este dato se realizó el análisis de oferta del servicio de Internet por parte de los abonados que actualmente tienen cada proveedor.

Sin embargo, el hecho de obtener estos datos solo brinda información acerca de la situación actual del servicio de Internet en cifras, lo que el enfoque solo se lo aprecia desde una arista, y es aquí donde se debe entender que para diseñar adecuadamente una red de fibra óptica, esta red debe ser realizada en base a las necesidades de los abonados, pero para saber las necesidades de los abonados es importante tomar en cuenta la apreciación desde su punto de vista como usuarios del servicio de Internet. Es así que, para obtener un enfoque correcto de la situación actual del servicio de Internet, es requerido la opinión de los usuarios, por lo que se debe realizar una encuesta dirigida a los abonados y que estos datos brinden información sobre la perspectiva de abonados y sus necesidades actuales para el uso del servicio de Internet.

### **3.4. Opinión y necesidades de los abonados**

Como se mencionó anteriormente, tomar en cuenta la opinión del abonado es un paso fundamental para el futuro diseño de la red de fibra óptica ya que se analizan las necesidades de los usuarios, por lo que al realizar una encuesta dirigida hacia los abonados debe ser basada en los requerimientos actuales de los abonados, de esta forma se desarrolla una encuesta escrita que se realiza a la población total de abonados existentes hasta el año 2021 que cuenta con 95 abonados siendo un dato calculado por medio de la cifra exacta de abonados otorgado por cada ISP.

La encuesta que se va a realizar tiene el objetivo de analizar el nivel de aceptación sobre el servicio de Internet que tienen los residentes de los barrios San Miguel y San Vicente de la parroquia de Cristóbal Colón. La encuesta es anónima y cuenta con 9 preguntas con el enfoque de saber el plan de navegación que usan los abonados, el costo del plan de navegación y la satisfacción del servicio. Los datos recolectados mediante la encuesta servirán de información para el presente proyecto. El formato de encuesta que se aplicó se encuentra en el Anexo A.

Pues bien, ahora que se entiende el objetivo y la gran importancia que se tiene al realizar la encuesta hacia los abonados del servicio de Internet en los barrios San Miguel y San Vicente es necesario que las encuestas realizadas no sean a toda la población, debido a que existe un método muy adecuado para limitar los recursos de encuesta, siendo el muestreo, que es una herramienta que permite optimizar los recursos a usar en la ejecución de la encuesta para este proyecto y que permite obtener datos muy precisos sobre la apreciación del servicio de Internet desde la perspectiva de los abonados.

### **3.5. La herramienta del muestreo**

Básicamente el muestreo es un proceso que permite escoger una porción de un conjunto de individuos para estudiar y caracterizar a la población. La idea de usar la técnica del muestreo es conocer cómo se comporta el universo o población total mediante una muestra del universo. Existen dos factores muy importantes para el análisis de una población mediante la técnica del muestreo, los cuales son según (Ochoa, 2015):

#### ***3.5.1. El universo o población***

El universo o la población es el conjunto de individuos totales de los cuales se desea estudiar o caracterizar.

#### ***3.5.2. La muestra***

La muestra es el subconjunto o una porción del universo o población total del cual se desea estudiar, dicha muestra puede ser obtenida mediante un proceso de encuestas.

#### ***3.5.3. Margen de error***

El margen de error es la máxima diferencia que se espera que haya entre el dato observado en la muestra y el dato real en el universo.

#### ***3.5.4. Nivel de confianza***

El nivel de confianza es el nivel de certeza que se tiene de que el dato real esté dentro del margen de error. En la Tabla 13 se identifican los valores más comunes para los factores del margen de error y el nivel de confianza con su respectivo valor 'Z'.

**Tabla 13**

*Valores más usados para el margen de error y el nivel de confianza con su respectivo valor de 'Z'*

Margen de Error	Nivel de Confianza	Valor de Z
1%	99%	2.58
5%	95%	1.96
10%	90%	1.645

Fuente: (Aguilar-Barojas, 2005)

### ***3.5.5. El tamaño de la muestra y su cálculo***

Como se definió anteriormente, la muestra es una porción de un universo o población del cual se desea analizar o caracterizar, es así que el tamaño de la muestra para este proyecto en particular se lo hace hacia una población finita ya que se conoce el número total de abonados del servicio de Internet y tomar un cierto tamaño de la muestra va a permitir optimizar los recursos y obtener los mismos resultados que si se hiciera la encuesta a toda la población de abonados.

Para el cálculo del tamaño de una muestra de un universo finito que es el presente caso, como se explicó en el párrafo anterior, se usa la siguiente Ecuación [ 8 ] (Aguilar-Barojas, 2005):

$$n = \frac{N * Z^2 * \sigma^2}{e^2 * (N - 1) + Z^2 * \sigma^2} \quad \text{Ecuación [ 8 ]}$$

Donde:

- n = Tamaño de la muestra
- N = Tamaño del universo
- $\sigma$  = Desviación estándar de la población, en caso de desconocer este dato es común utilizar un valor constante que equivale a 0,5%

- $Z$  = Valor del nivel de confianza, por lo general se tienen dos valores siendo entre 99% y 95%
- $e$  = Error de estimación máximo, generalmente va del 1% al 9%, siendo 5% (0.5) el valor estándar

Según los datos obtenidos en la Tabla 11, donde se especifica el número total de abonados para los barrios San Miguel y San Vicente para el año 20201 se tiene un total de 95 usuarios. El proceso de muestreo que se llevará a cabo es basado en encuestas personales a los residentes, y al ser un proceso que otorga datos muy precisos se utilizará un margen de error del 5% y un nivel de confianza del 95% con un valor de  $Z=1.96$ . Usando la Ecuación [ 8 ] se realiza el cálculo para obtener el tamaño de la muestra para un universo finito, de manera que en la Ecuación [ 9 ] se obtiene el tamaño de la muestra a usar.

$$n = \frac{95 * 1.96^2 * 0,5^2}{0.05^2 * (94) + 1.96^2 * 0.5^2}$$

$$n = 77$$

**Ecuación [ 9 ]**

Como se observa el número de abonadas que se deben encuestar son 77, por esta razón tanto el proceso de recolección de datos y de análisis de los mismos se los hacen a esta porción del universo. La recolección de datos y el análisis de los resultados obtenidos de la encuesta se los indican en el siguiente punto con el fin de que toda la información que se analiza brinde un mejor criterio de diseño de la red de fibra óptica acorde a las necesidades de cada abonado y la situación actual de la zona de estudio.

### **3.6. Recolección y análisis de datos de encuesta realizada**

Los datos que se han recolectado de la encuesta realizada a cada abonado según el tamaño de la muestra calculada, se los deben analizar en base a cada pregunta realizada, y una vez que se analicen estos datos se tendrá un enfoque mejor direccionado sobre el servicio de internet que existe en los barrios San Miguel y San Vicente.

#### ***3.6.1. Datos obtenidos de encuestas***

Partiendo desde el punto inicial de recolectar los datos de la encuesta, dichos datos deben brindar información clara y concisa sobre la situación actual del servicio de internet desde la apreciación de los abonados, es decir, que una forma de representar los datos obtenidos de la encuesta es mediante la tabulación de los mismos, estos datos tabulados tienen un mejor entendimiento al representarlos usando gráficos circulares que brindan información porcentual de las partes de un total. En el Anexo B, se muestran la tabulación de datos de cada pregunta de la encuesta realizada.

Sin embargo, antes de realizar el análisis de los datos obtenidos, es importante obtener un resumen de los datos tabulados, de modo que en la Tabla 14, se indican los datos recolectados de las 9 preguntas realizadas para los 77 abonados.

Para evidenciar las encuestas realizadas a los abonados, las 77 encuestas se encuentran escaneadas y adjuntadas en el Anexo C: Encuestas escaneadas.

**Tabla 14**

*Datos obtenidos de encuesta realizada a abonados acerca de su apreciación sobre el servicio de Internet en los barrios San Miguel y San Vicente*

<b>Datos de Encuesta Realizada en Barrios San Miguel y San Vicente</b>			
Preguntas	Datos de Encuestas	Datos Obtenidos	% del total
Densidad de abonados en los barrios de residencia	Barrio San Miguel	49	63%
	Barrio San Vicente	28	37%
Tiempo promedio de uso del servicio de Internet	1 – 3 horas	7	9%
	3 – 6 horas	9	12%
	6 – 8 horas	13	17%
	Más de 8 horas	48	62%
Ancho de banda del plan de navegación actual	5 – 8 Mbps	7	9%
	8 – 15 Mbps	9	12%
	15 – 25 Mbps	39	51%
	Más de 25 Mbps	22	28%
Costo del plan de navegación actual	10 – 15 dólares	5	7%
	15 – 25 dólares	57	74%
	Más de 25 dólares	15	19%
Necesidad de aumentar el ancho de banda del plan de navegación actual	Si	56	73%
	No	21	27%
Nuevo ancho de banda requerido del plan de navegación	25 – 35 Mbps	14	25%
	35 – 50 Mbps	12	21%
	Más de 50 Mbps	30	54%
Nuevo costo requerido del plan de navegación	25 dólares	16	29%
	30 dólares	28	50%
	35 dólares	12	21%
Nivel de satisfacción del servicio de Internet	1	21	27%
	2	30	39%
	3	17	22%
	4	6	8%
	5	3	4%
Necesidad de cambio de proveedor	Si	53	69%
	No	24	31%

Fuente: Autoría propia

Pues bien, una vez que se han recolectado todos los datos obtenidos, el paso siguiente para comenzar a tener un mejor criterio o enfoque de diseño de la red de fibra óptica es analizar los datos que representan la situación actual del servicio de internet en los barrios San Miguel y San Vicente.

### ***3.6.2. Análisis de datos obtenidos***

Los datos que se analizan básicamente arrojan información acerca de la situación actual del servicio de internet en los barrios San Miguel y San Vicente. Es así que como bien se indica en el formato de encuesta, se va a comenzar el análisis partiendo desde la pregunta en la que el objetivo de interés es saber que barrios poseen mayor o menor cantidad de abonados; siguiendo después con el análisis de ancho de banda que poseen los abonados y el costo que pagan por el plan de navegación; y finalmente analizar el nivel de satisfacción de los abonados sobre su servicio actual de internet y de este modo considerar un cambio o no de proveedor. A continuación, se detalla el análisis de cada pregunta de encuesta realizada.

**3.6.2.1. Pregunta 1: Barrio de residencia.** Esta pregunta de la encuesta tiene el objetivo principal de saber cómo es la distribución de los abonados que actualmente poseen el servicio de internet en los barrios San Miguel y San Vicente. Como se indica en la Tabla 14, se tiene del total de abonados encuestados que 49 abonados residen en el barrio San Miguel y 28 abonados residen en el barrio San Vicente, lo que se representa como el 63% de la población que cuenta con el servicio reside en el barrio San Miguel que es específicamente el barrio central de la cabecera parroquial, mientras que el 37% de abonados del total residen en el barrio San Vicente.

**3.6.2.2. Pregunta 2: Tiempo de conexión a Internet.** Lo que respecta al tiempo promedio de conexión a internet, se observa en la Tabla 14 como el 62% de los abonados encuestados se conectan más de 8 horas al día a la internet, mientras que para los abonados que se conectan en tiempos promedios de menos de 8 horas es de 29% esto sin considerar a los abonados que se conectan entre 1 a 3 horas al día que es del 9%. El objetivo de esta pregunta es para tener en cuenta la cantidad de usuarios que van a estar conectados a internet usando la red de fibra óptica y que la compartición que se vaya a usar sea la más adecuada para el diseño de la red. Por ejemplo, se puede anticipar como entre los abonados que se conectan entre 6 a 8 horas y aquellos que usan más de 8 horas el servicio de internet, la compartición más adecuada sería de 8 a 1, con el propósito de brindar una menor cantidad de usuarios que usen el mismo canal compartido.

**3.6.2.3. Pregunta 3: Ancho de banda actual.** Actualmente, poco más de la mitad de los abonados del servicio de internet que tienen contratado un ancho de banda entre 15 a 25 Mbps representa el 51% del total, sin embargo, una porción del total que tienen un ancho de banda mayor a 25 Mbps representa el 28%, dejando de lado a los abonados que usan un ancho de banda menores a 15 Mbps que representa el 21% del total de abonados encuestados. Este dato obtenido en la Tabla 14 tiene gran importancia de análisis para el posterior diseño de la red, considerando un criterio adecuado y real sobre las necesidades de los abonados y el ancho de banda actual que poseen en sus hogares. Entonces, si se considera un global entre los abonados que usan un ancho de banda entre 15 a 25 Mbps y los abonados con un ancho de banda mayor a 25 Mbps da un total del 79% del total, lo que refleja que los planes que

ofrecen los proveedores actuales son en promedio planes con un ancho de banda promedio que ronda los 25 Mbps.

**3.6.2.4. Pregunta 4: Costo de plan de navegación.** Acorde al análisis anterior que hace referencia al ancho de banda que tienen contratado los abonados encuestados, ahora se analiza el costo que pagan los abonados por esos planes de navegación como se puede observar en la Tabla 14. Para este aspecto el análisis es muy significativo ya que se tiene que el 74% de los abonados encuestados pagan su plan de navegación con un valor entre 15-25 dólares, y apenas un 19% del total usuarios encuestados pagan más de 25 dólares por su plan de navegación. Este dato indica básicamente que los proveedores actuales en la zona brindan planes con costos no mayores a 25 dólares. Este análisis brinda la información necesaria para establecer un costo similar sobre los planes de navegación que se puede llegar a ofrecer con la nueva red de fibra óptica.

**3.6.2.5. Pregunta 5: Aumentar plan de navegación.** En relación a las preguntas 4 y 5 de la encuesta realizada y su análisis respectivo, se obtuvo un dato muy importante en la Tabla 14 acerca de aumentar el ancho de banda del plan de navegación por parte de los abonados, es decir, la demanda que existe por los usuarios del servicio de internet para satisfacer sus necesidades. Se tiene que un 73% de los abonados encuestados desean aumentar su ancho de banda, en otras palabras, gran mayoría de los abonados consideran que los planes actuales que se ofertan por parte de los proveedores del servicio de internet no abastecen las necesidades de los usuarios.

**3.6.2.6. Pregunta 6: Nuevo ancho de banda.** En concordancia con la pregunta 5 de la encuesta donde se analiza si los abonados encuestados desean aumentar el ancho de banda de su plan de navegación, se logra obtener un dato para esa porción del total que es de 56 abonados que respondieron a esa pregunta. Basado en la Tabla 14, se tiene que esta porción del total de los usuarios respondió a que necesitan un ancho de banda nuevo mayor a 50 Mbps, siendo del 54% que representa poco más de la mitad del total; mientras que los abonados que desean un ancho de banda comprendido entre 35-50 Mbps es del 21%, y apenas un 25% exigen un ancho de banda no mayor al que actualmente en promedio ofertan los proveedores de internet, siendo entre 25-35 Mbps.

**3.6.2.7. Pregunta 7: Nuevo costo de plan de navegación.** Como es evidente, si se desea ofertar un nuevo plan de navegación, es también importante saber el nuevo costo que los abonados que respondieron positivamente a la pregunta 5 estarían dispuestos a pagar. Como se observa en la Tabla 14, se tiene que un 50% de los abonados de esa porción del total que respondió 'Si' pagarían por su nuevo plan de navegación un valor de 30 dólares; mientras que un 29% se mantendría en pagar el valor promedio que actualmente lo pagan que es de 35 dólares; y apenas un 21% de los usuarios pagarían un costo de 35 dólares por su nuevo plan de navegación. Ahora bien, ya se tiene un mejor enfoque en la relación del nuevo ancho de banda que demandan los abonados y el nuevo costo que pagarían por su plan de navegación que básicamente se resumen a ofertar un plan mayor a 50 Mbps por un costo de 30 dólares. De acuerdo a los requerimientos del diseño de la red de fibra óptica y las

capacidades de velocidades de transmisión que ofrece la tecnología XG-PON se puede especificar un ancho de banda adecuado para el nuevo plan de navegación.

**3.6.2.8. Pregunta 8: Nivel de satisfacción.** En la Tabla 14 se logra analizar el nivel de satisfacción de los abonados encuestados acerca del servicio de internet. Si se indicó que al marcar 1 como un nivel de satisfacción de ‘No satisfecho’ y al marcar un 5 como un nivel de satisfacción de ‘Muy satisfecho’ se tiene que un 66% de la población encuestada se encuentra por debajo del nivel de aceptación neutral que se representa con el valor 3. Este dato indica básicamente como gran mayoría de los usuarios no se encuentran satisfechos con el servicio de internet que ofertan los proveedores actuales en la zona.

**3.6.2.9. Pregunta 9: Cambio de proveedor.** Ahora bien, para finalizar en relación a la pregunta 8, en la Tabla 14 también se muestra los resultados obtenidos acerca de si los abonados desean cambiarse o no de proveedor del servicio de internet. Siendo que un 69% de los abonados encuestados respondieron a que se cambiarían de proveedor. Este valor se relaciona con los abonados que no se encuentran satisfechos con su servicio de internet actualmente, con unos cuantos abonados que, aunque su nivel de satisfacción sea neutral, estarían dispuestos a cambiarse de proveedor, de ahí que el porcentaje sea de 69% y no de 66% como fue en la pregunta 8.

### ***3.6.3. Conclusión final de análisis de datos obtenidos***

Como se analiza en las 9 preguntas, la conclusión final sobre la apreciación que tienen los abonados del servicio de internet actualmente no es del todo aceptable, esta percepción por parte de los abonados del servicio de Internet se debe a que varios resultados obtenidos indican la inconformidad que se tiene sobre el servicio de internet por ejemplo el nivel de satisfacción, la necesidad de un nuevo ancho de banda y el nuevo costo que los abonados estarían dispuestos a pagar por un mejor servicio.

#### **4. Capítulo: Diseño de la red óptica pasiva y pruebas de funcionamiento**

En este presente capítulo se explica cómo se realiza el correcto diseño de una red de fibra óptica. Antes de indicar cuál sería el diseño final de la red, se va a partir explicando cómo es la arquitectura de una red FTTH, es decir que elementos conforman la red FTTH usando la tecnología XG-PON, además se explica los requerimientos básicos que se deben tomar en cuenta para realizar el diseño de la red óptica pasiva como también los criterios de diseño que se deben considerar para un diseño de red óptico pasivo eficiente según las necesidades de los abonados y el incremento de abonados en un futuro.

##### **4.1. Requerimientos de diseño de la red**

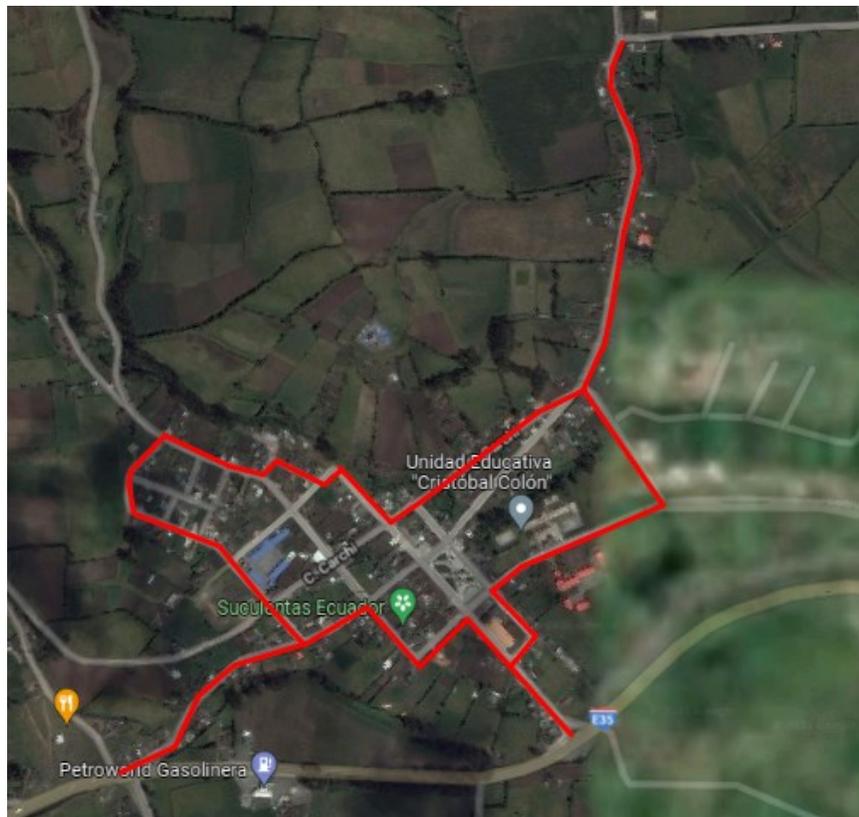
Los requerimientos que se deben tomar en cuenta antes de realizar el diseño de la red de fibra óptica, son básicamente la zona donde se va a realizar el diseño de la red, también analizar la tecnología que se va a usar para el diseño, y el ancho de banda que se va a necesitar una vez que se sabe cuál es la situación actual respecto del número de abonados.

###### ***4.1.1. Zona de estudio – barrios San Miguel y San Vicente***

La zona de estudio como bien se lo indicó en el capítulo 3 del presente proyecto, es en los barrios San Miguel y San Vicente de la parroquia rural de Cristóbal Colón del cantón Montúfar. Es así que usando la aplicación de Google Maps, se pudo delimitar la zona exacta sobre la cual se va a realizar el diseño de la red, en la Figura 46 se logra observar la zona delimitada que indica el perímetro por donde se desplegaría la red de fibra óptica.

**Figura 46**

*Delimitación de la zona de estudio para el diseño de la red de fibra óptica*



Fuente: (Google Maps, 2021). Modificado por: El autor

#### ***4.1.2. Distribución y proyección de abonados***

Como también ya se había indicado en el análisis de la situación actual para la distribución poblacional y la cantidad de abonados que hay actualmente en los barrios San Miguel y San Vicente, se tiene que usando una proyección de 119 abonados para un periodo futuro de 10 años. En este aspecto es fundamental explicar que en base al análisis de los resultados obtenidos en la pregunta #1 de la encuesta realizada, se obtuvo que el 63% de la población total de abonados residen en el barrio San Miguel y el 37% residen en el barrio San

Vicente, por lo que este dato conjuntamente con la delimitación de la zona para la red de fibra óptica va a permitir ubicar de mejor manera los distintos elementos que conforman una arquitectura de red FTTH.

#### **4.1.3. Especificaciones de la tecnología XG-PON**

En la Tabla 15, se indican las principales características de la tecnología XG-PON, como se observa el ancho de banda máximo simétrico que se puede usar de esta tecnología es de 2,5 Gbps debido a que es la velocidad máxima de subida y que es 4 veces menor que la velocidad máxima de bajada. También se tiene el nivel de splitteo máximo, la longitud de onda central tanto de subida y de bajada y la distancia máxima de transmisión.

**Tabla 15**

*Especificaciones de la tecnología XG-PON a usar para el correcto diseño de la red de fibra óptica pasiva*

<b>Características</b>	<b>XG-PON</b>	
Velocidad máxima	Subida	2,5Gbps
	Bajada	10Gbps
Nivel de Splitteo máximo	1:256	
Longitud de Onda	Subida	1575 – 1580 nm
	Bajada	1260 – 1280 nm
Longitud de Onda Central	Subida	1577 nm
	Bajada	1270 nm
Distancia máxima de transmisión	60 km	
Distancia máxima diferencial	20km – 40km	
Estándar	ITU-T G.987	

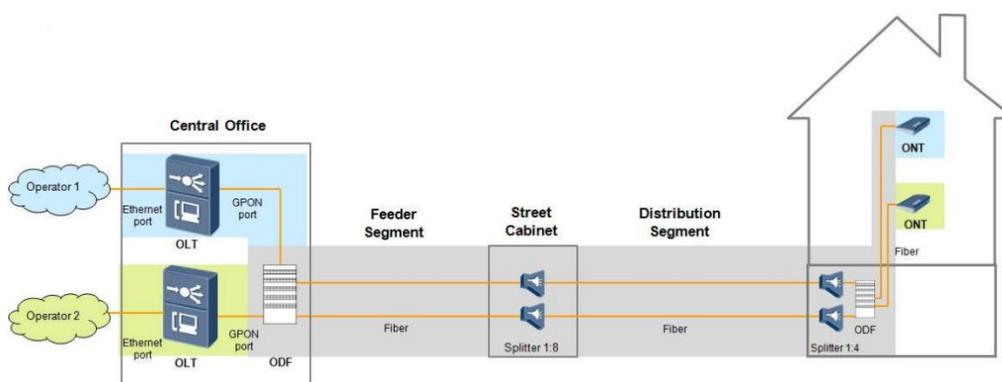
Fuente: Fuente: (Gupta, Gupta, Kumar, Kumar Gupta, & Kumar Mathur, 2018)

#### 4.1.4. Elementos que conforman la red FTTH

Como bien se indica en el punto anterior, la arquitectura de red para el diseño de la red de fibra óptica que se va a implementar es FTTH que se define como Fiber To The Home, lo que indica que existen una composición de elementos que se deben usar en el diseño de red para la fibra hasta el hogar. Los elementos que conforman la arquitectura de red FTTH – XG-PON tomando en consideración la Figura 47 se pueden clasificar en dos subcategorías, el primer grupo son los elementos activos que se ubican en el inicio y fin de la red pasiva óptica y el segundo grupo son todos los elementos pasivos que conforman el trayecto de la red de fibra óptica.

**Figura 47**

*Arquitectura de red FTTH para el diseño de la red de fibra óptica en la zona de estudio previamente delimitada*



Fuente: (Rendor Schneir & Xiong, 2014)

**4.1.4.1. Elementos Activos.** Los elementos activos que se enlistan son los que se usan en la arquitectura FTTH y los cuales se van a detallar de forma precisa en

los criterios de diseño que se vayan a tomar para un adecuado diseño de la red de fibra óptica pasiva.

- OLT
- ONU – ONT

**4.1.4.2. Elementos Pasivos.** Por otro lado, todos los elementos pasivos que se enlistan a continuación forman parte de la trayectoria de la red de fibra óptica y que se usan en cada segmento de la arquitectura FTTH.

- ODF
- NAPs o mangas de empalme de primer y segundo nivel
- Splitters
- Roseta óptica
- Cables de fibra óptica, patch cords y pigtails

#### ***4.1.5. Velocidades requeridas por los abonados***

Como el objetivo fundamental de realizar la encuesta a los abonados era saber su apreciación acerca del servicio de internet y a la vez analizar los requerimientos o necesidades de los abonados, se logra entender que de acuerdo a la tabla Tabla 14 donde se indica el análisis de los resultados obtenidos en la encuesta realizada, se detalla en la pregunta #6 que existe un 54% que abonados encuestados que requieren un ancho de banda mayor a 50 Mbps.

Por otro lado, se puede obtener un dato estadístico acerca del ancho de banda promedio tanto de bajada y de subida que existe en el país. El MINTEL explica que en Ecuador según el índice elaborado cada mes cuyo último corte fue en febrero del año 2021, se tiene que las velocidades promedio tanto de bajada y de subida llegan a los 29.65 Mbps y a los 26.10 Mbps respectivamente (Periódico La Hora, 2021).

Este dato otorgado por el MINTEL puede ser corroborado por el portal de medición Ookla que según su informe mensual para octubre del 2021 se tiene que las velocidades promedio de bajada y de subida llegan a los 31.29 Mbps y a los 27.12 Mbps respectivamente. Como se observa las velocidades promedio son muy similares para ambos informes, lo que es de mucha importancia para tener una estadística promedio a nivel del país sobre el ancho de banda que se contrata mensualmente por los abonados (Speedtest , 2021).

Lamentablemente Ecuador se sitúa en el puesto #90 a nivel mundial sobre los países que tiene un ancho de banda más amplio como es el caso de Singapur que se encuentra en el puesto #1 con velocidades de bajada y de subida de 188.11 Mbps y de 161.52 Mbps respectivamente (Speedtest, 2021).

Por tal razón y de acuerdo a los dos factores fundamentales obtenidos para el análisis del mejor ancho de banda que se puede ofrecer que son la encuesta realizada y la capacidad máxima del ancho de banda que otorga la tecnología XG-PON, se va a usar velocidades de bajada y de subida de 50 Mbps simétrico para el diseño de la red de fibra óptica.

#### **4.2. Criterios de diseño de la red**

Los criterios de diseño que se van a considerar para un correcto diseño de la red de fibra óptica van a ser básicamente la topología de splitteo a usar, la ubicación de los equipos pasivos y el único equipo activo que es la OLT. En este punto también se deben especificar que la ubicación de los equipos pasivos de la red de fibra óptica debe ser colocados en base a los niveles de splitteo que brinda la arquitectura de red FTTH y en esta misma arquitectura es donde se detallan los tres tipos de cables de fibra óptica que se van a usar, es decir, las redes de fibra óptica desde la OL hasta la ONT siendo estas la red troncal o rede Feeder, la red de distribución

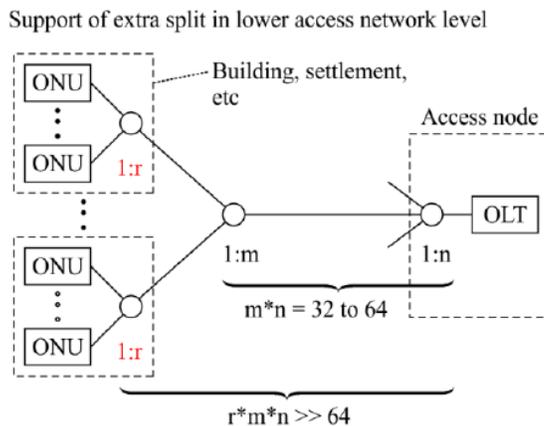
y la red de dispersión. Y además en base a los requerimientos básicos de diseño se van a considerar el máximo ancho de banda de la tecnología XG-PON y sus niveles de splitteo permitidos.

#### ***4.2.1. Topología de división óptica a usar***

Este primer criterio de diseño se basa netamente en la topología de splitteo que va a usar, dicha topología debe ser relacionada a la cantidad de abonados a los que se va a ofrecer el servicio de Internet tal y como se observa en la Tabla 15. Además, según lo explica la Unión Internacional de Telecomunicaciones en la Recomendación UIT-T G.987.1 (2020) el nivel de división óptica o nivel de splitteo debe ser seleccionado cuidadosamente con el enfoque de que la red tenga madurez y rentabilidad de cada dispositivo óptico de la red, y considerando la división óptica como máximo alcance se puede aumentar el presupuesto óptico y acorde a esto realizar una división mayor a nivel de capa física. Los casos más comunes como se explicó en el capítulo 2 de Marco Teórico de la presente investigación, existen tres casos de topología de división óptica, sin embargo, acorde a la cantidad de abonados y su proyección a futuro se va a hacer uso de la topología con un nivel de splitteo adicional o también conocido como nivel 2 de división óptica en la red de bajo nivel para el usuario final. En la Figura 48 se observa la topología que se va a usar para el diseño de la red de fibra óptica, es de este modo como el número total de abonados que define esta normativa es mayor a 64 y se da por la multiplicación de la cantidad de hilos de fibra a usar en la OLT y el nivel de splitteo en cada NAP.

**Figura 48**

*División óptica adicional en el nivel de red de acceso inferior*



Fuente: (Unión Internacional de Telecomunicaciones - Recomendación UIT-T G.987.1, 2020)

Es así que para ya comenzar a delimitar este primer criterio de diseño se debe corroborar lo que se explica en la Recomendación UIT-T G.987.1 con lo que se define en la Recomendación UIT-T G.987.2 según lo indica la Unión Internacional de Telecomunicaciones (2020), donde se explica que en arquitecturas en estrella la ausencia de niveles de división óptica provoca pérdidas de potencia no mayores a de 5 dB, por lo que se deberían colocar atenuadores ópticos en las redes de distribución o de dispersión que permitan garantizar una pérdida de potencia mínima de inserción de canal y así evitar que los receptores ópticos se quemen debido a las altas potencias.

De este modo el primer criterio de diseño aborda los niveles de splitteo finales que se van a usar para el diseño de la red de fibra óptica, como bien indica la topología se van a usar dos niveles de división óptica, el primer nivel con un splitteo de 1:4 y el segundo nivel con un splitteo de 1:16, es decir que por cada hilo de fibra óptica que sale de la OLT van a dar cobertura a 64 abonados que es la mínima cantidad de líneas ópticas que la normativa UIT-T G.987.1

indica. De acuerdo a este criterio, otro aspecto sería la cantidad de hilos de fibra óptica en la OLT que se puede usar con esos niveles de splitteo, para lo cual según la Ecuación [ 10 ], se obtiene el número de hilos de fibra óptica que se van a conectar a los puertos PON de la OLT justos para la cantidad de abonados proyectados. Como se observa en la Figura 48, si solo se usara un solo hilo de fibra conectado en la OLT, es decir con  $n = 1$ , el cálculo matemático debe cumplir un mínimo de 64 abonados o líneas ópticas hasta la ONT.

Basado en este análisis, se debería usar un cable de 4 hilos de fibra óptica conectados a los puertos PON en la OLT, sin embargo, considerando la expansión futura de la red y reversa de líneas ópticas que se recomienda considerar en la normativa UIT-T G.987.2, lo ideal es usar un cable de al menos 12 hilos de fibra óptica, es decir que se van a dejar libres 8 hilos de fibra sin conexiones con la red óptica. Es así que se tendrá un total de 256 abonados disponibles como se observa en la Ecuación [ 11 ], este valor representa la cantidad máxima de splitteo que permite la Recomendación UIT-T G.987.1 para una red de division óptica generica y tambien alcanzaría la cantidad de residentes en los barrios San Miguel y San Vicente que es actualmente de 296 hogares suponiendo que en un futuro la mayor parte de los abonados sean clientes potenciales.

$$\# \text{ Hilos de F.O.} = \frac{\text{Abonados Totales}}{\text{mínimas líneas ópticas}} \quad \text{Ecuación [ 10 ]}$$

$$\# \text{ Hilos de F.O.} = \frac{119}{64}$$

$$\# \text{ Hilos de F.O.} = 1,86 \cong 2$$

$$\# \text{ líneas ópticas} = n * m * r > 64$$

$$\# \text{ líneas ópticas} = 4 * 4 * 16$$

$$\# \text{ líneas ópticas} = 256 \quad \text{Ecuación [ 11 ]}$$

#### ***4.2.2. Criterio de ubicación de equipos de red pasivos y activos***

El segundo criterio de diseño es respecto a la ubicación de los equipos de red. De acuerdo a la arquitectura de red FTTH existen niveles de colocación de los equipos, esto se entiende de mejor manera explicando que el primer nivel es el sector donde se va a colocar la OLT; el segundo nivel es el sector donde se van a colocar las mangas de empalme que dentro de estos mismo existen dos niveles de splitteo de los cuales ya se explicó en el primer criterio de diseño; y finalmente el tercer nivel es el sector donde se van a colocar la ONT, aunque la ubicación de este equipo depende del momento de la instalación del servicio de internet, se debe tomar en cuenta para la ubicación de los distintos Armarios ópticos que representan los dos niveles de splitteo.

Ahora bien, para empezar a definir este segundo criterio de diseño, la ubicación de los equipos debe ser acorde a la cantidad de equipos que se van a usar, pero dicha cantidad de equipos deben ser en base a número de abonados de la zona y la proyección de los mismos a futuro. Es por esta razón que el primer criterio de diseño fue la topología de splitteo basado en la cantidad de abonados proyectados, además que según lo que se explica en la Recomendación UIT-T G.987.1 (2020), el uso de dos niveles de splitteo permite optimizar los costos de implementacion a diferencia de una red generica de division óptica.

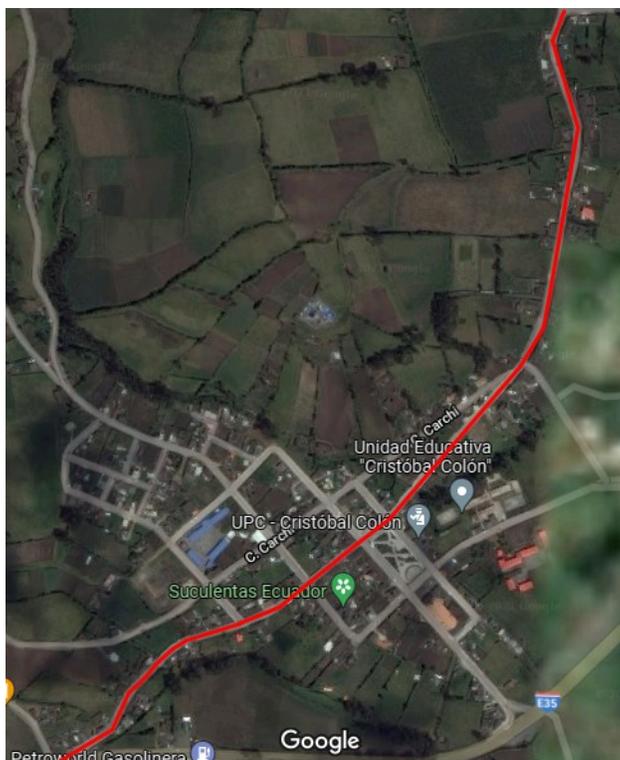
Es así que ya definido la cantidad de Armarios ópticos primarios y secundarios que se van a usar para el diseño de la red de fibra óptica según el primer critetio de diseño, la ubicación de estos equipos de red pasivos debe ser basada en las zonas donde exista mayor aglomeración de abonados según el analisis de resultados que se efectuó de los datos obtenidos en la encuesta realizada como se indican en el capítulo 3: Situacion Actual. Es decir, qur los splitters sertain

colocados en su mayoría en el barrio San Miguel, mientras que la OLT será colocada en el barrio San Vicente, este análisis se desarrolló en los siguientes apartados.

**4.2.2.1. Criterio de ubicación de la OLT.** De acuerdo al estudio de campo realizado en la zona, el lugar más adecuado para colocar la OLT es la línea troncal que une los barrios San Miguel y San Vicente, la cual atraviesa el sur del barrio San Miguel con el norte del barrio San Vicente, en donde dicha línea troncal se la puede observar en la Figura 49.

#### **Figura 49**

*Trayectoria de la línea troncal que conecta a los barrios San Miguel y San Vicente de la parroquia de Cristóbal Colón*



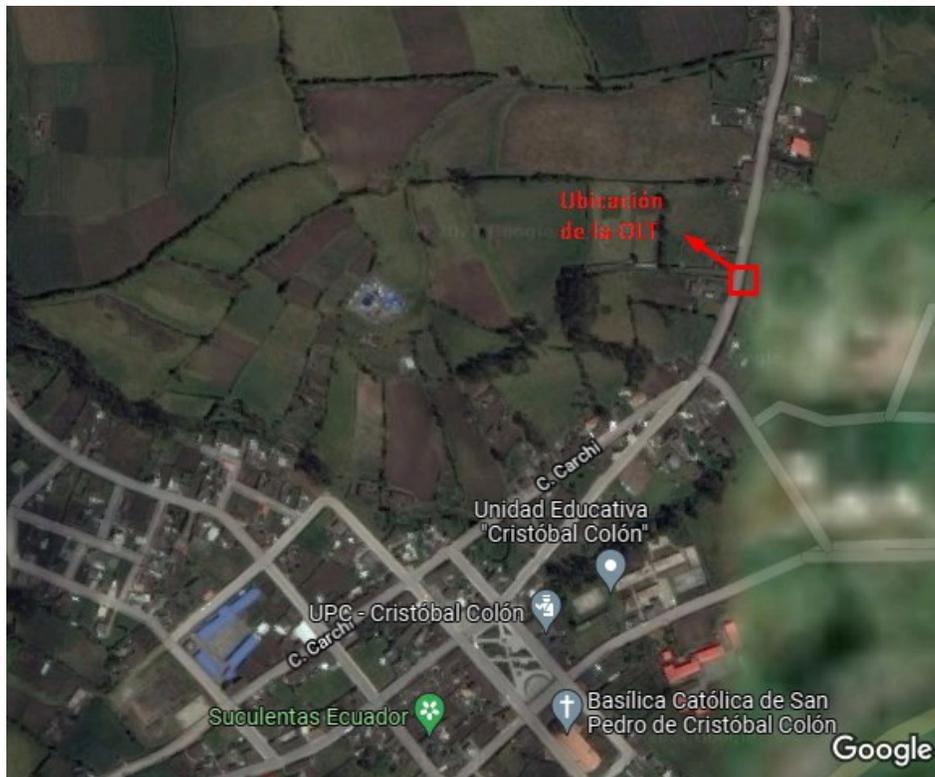
Fuente: (Google Maps, 2021). Modificado por: El Autor

Sin embargo, antes de definir la ubicación exacta de la OLT es necesario entender que la zona de estudio al ser de dos barrios y que el barrio San Miguel es el de mayor cantidad de abonados actuales del servicio de internet, colocar la OLT en esa zona provocaría que el cliente más cercano se encuentre a poca distancia de la OLT y que no exista la necesidad de usar algún nivel de splitteo lo que se entiende que la ONT para ese cliente más cercano recibiría una potencia muy alta que afectaría su funcionamiento para lo cual sería necesario utilizar atenuadores. De este modo la mejor solución es acorde a que en esa zona de mayor cantidad de abonados se colocarán los Armarios ópticos de primer y segundo nivel, la OLT debería estar en el barrio San Vicente que posee menor cantidad de abonados y que el cliente más cercano estaría a una distancia considerable de la OLT donde no existiría la problemática de exceder los umbrales de potencia de sobrecarga tal y como lo define la Unión Internacional de Telecomunicaciones - Recomendación UIT-T G.987.2 (2020).

De esta forma para ya definir este criterio que respecta a la ubicación de la OLT lo más ideal que se debe hacer es arrendar un lugar para la colocación de la OLT, adicionalmente este criterio de diseño es muy usado por la empresa ALFATEL, la cual, en sus demás redes ópticas, la OLT es colocada en un cuarto de arriendo, pagando una mensualidad según lo establezca el propietario del lugar, que generalmente es un abonado de la misma empresa. Por lo que el autor de esta investigación encontró un lugar de arriendo para la OLT en la que previa investigación y análisis fue el lugar más adecuado para la ubicación de este equipo ya que se encuentra en el barrio de menor aglomeración de abonados que es el barrio San Vicente. La ubicación de la OLT se la identifica en la Figura 50.

**Figura 50**

*Ubicación de la OLT en el barrio de menor cantidad de abonados - San Vicente*



Fuente: (Google Maps, 2021). Modificado por: El Autor

#### **4.2.2.2. Criterio de ubicación de Armarios ópticos de primer nivel.**

Como se establece un cable de 4 hilos que van a salir desde la OLT, entonces existen 4 Armarios ópticos primarios que serán ubicados por toda la zona delimitada.

#### **4.2.2.3. Criterio de ubicación de Armarios ópticos de segundo nivel.** En

base a los Armarios ópticos primarios se tiene que al ser un splitteo de 1:4 y al ser 4 hilos de fibra óptica que usa en el cable que conecta con la OLT se tiene un total de 16 Armarios ópticos secundarios que serán igualmente ubicados en toda la zona delimitada.

#### ***4.2.3. Tipos de cables de fibra óptica a utilizar en el diseño de la red***

El tercer criterio de diseño a considerar para el diseño de la red de fibra óptica una vez que se ha entendido la arquitectura de red FTTH, son los tipos de cables de fibra óptica, esto se refiere a los distintos cables de fibra que según las normativas de la UIT-T se recomienda usar para el diseño de la red y como se sabe la arquitectura de red FTTH maneja tres tipos de redes de fibra durante su trayecto desde la OLT hasta la ONT. Es así que se deben considerar como un buen criterio de diseño la colocación de los cables de fibra óptica de sus tres niveles acorde a la colocación de los equipos de red pasivos y el equipo activo (OLT).

Para delimitar este criterio de diseño, se hace uso de la explicación que según la Unión Internacional de Telecomunicaciones - Recomendación UIT-T G.987.2 (2020), indica que para los parámetros PMD de XG-PON se puede usar tipos de fibra de la normativa UIT-T G.652 o compatible, siendo otro tipo de fibra la de la normativa UIT-T G.657 que según la empresa FS Community, (2021) es la que en la actualidad se usa exclusivamente para redes FTTH.

De acuerdo como indica la Unión Internacional de Telecomunicaciones - Recomendación UIT-T G.657 (2016), se establecen dos categorías de la fibra óptica para esta normativa, siendo la primera la categoría G.657.A y la G.657.B y de cada categoría existen dos subcategorías, la G.657.A1 – G.657.A2 y la G.657.B2 – G.657.B3 respectivamente.

**4.2.3.1. Atributos de fibra óptica de UIT-T G.652D.** Este tipo de cables de fibra óptica son generalmente usados para el rango de longitudes de onda de 1260 nm a 1625 nm con un enfoque donde su uso es para redes troncales, más no para redes de acometida o terminación de redes ópticas. En la Tabla 16 se observan las especificaciones técnicas para los cables que se rigen según esta normativa.

**Tabla 16**

*Atributos de fibra óptica de UIT-T G.652.D*

<b>Atributos de la fibra</b>			
<b>Atributo</b>	<b>Detalle</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
	Longitud de onda	1310	nm
Diámetro del campo modal	Rango de valores nominales	8,6-	$\mu\text{m}$
		9,2	
Diámetro del revestimiento	Tolerancia	- 0,4	$\mu\text{m}$
	Nominal	125,0	$\mu\text{m}$
	Tolerancia	- 0,7	$\mu\text{m}$
Error de concentricidad del núcleo	Máximo	0,6	$\mu\text{m}$
No circularidad del revestimiento	Máximo	1.0	%
Longitud de onda de corte del cable	Máximo	1260	nm
	Radio	30	mm
Pérdida por macroflexión	Número de vueltas	100	
	Máximo a 1625 nm	0,1	dB
Tensión de prueba	Mínimo	0,69	GPa
	$\lambda_{0\text{min}}$	1300	nm
	$\lambda_{0\text{max}}$	1324	nm
Parámetro de dispersión cromática Ajuste Sellmeier de 3 períodos (1260 nm a 1460 nm)	S <sub>0</sub> min	0.073	ps / (nm <sup>2</sup> × km)
	S <sub>0</sub> max	0.092	ps / (nm <sup>2</sup> × km)
	Mínimo a 1550 nm	13,3	ps / (nm × km)
Ajuste lineal (De 1460 a 1625 nm)	Máximo a 1550 nm	18,6	ps / (nm × km)
	Mínimo a 1625 nm	17.2	ps / (nm × km)
	Máximo a 1625 nm	23,7	ps / (nm × km)

Atributos del cable			
Atributo	Detalle	Valor	Unidad
Coeficiente de atenuación	Máximo de 1310 nm a 1625 nm	0,40	dB / km
	Máximo a 1383 nm -3 nm después del envejecimiento con hidrógeno	0,40	dB / km
	Máximo a 1530-1565 nm METRO	0,30	dB / km
Coeficiente de PMD	Q	20	cables
	PMD máximo Q	0,01	%
		0,20	ps / km

*Nota.* La región de longitud de onda puede ampliarse a 1260 nm añadiendo una pérdida de dispersión de Rayleigh inducida de 0,07 dB/km al valor de atenuación a 1310 nm. Fuente:

(Unión Internacional de Telecomunicaciones - Recomendación UIT-T G.652, 2016)

#### 4.2.3.2. Atributos de fibra óptica de UIT-T G.657.A. Contiene los

atributos y valores recomendados necesarios para admitir instalaciones de redes de acceso optimizadas y redes de transporte en general con respecto a la pérdida por macro flexión, mientras que los valores recomendados para los otros atributos aún permanecen dentro del rango recomendado en UIT-T G.652.D. En la Tabla 17 se detallan los atributos de fibra óptica para esta normativa y categoría.

**Tabla 17**

*Atributos de fibra óptica de UIT-T G.657.A*

Atributos de fibra óptica			
Atributo	Detalle	Valor	Unidad
Diámetro del campo nodal	Longitud de onda	1310	nm
	Rango de valores nominales	8.6 – 9.2	µm
	Tolerancia	±0.4	µm
Diámetro del revestimiento	Nominal	125.0	µm
	Tolerancia	±0.7	µm

Error de concentricidad del núcleo	Máximo	0.5					$\mu\text{m}$
No circularidad del revestimiento	Máximo	1.0					%
Longitud de onda de corte del cable	Máximo	1260					nm
		ITU-T G.657.A1		ITU-T G.657.A2			
Pérdida por macro flexión de fibra sin tapar	Radio	15	10	15	10	7.5	nm
	Número de vueltas	10	1	10	1	1	
	Max a 1550 nm	0.25	0.75	0.03	0.1	0.5	dB
	Max a 1625 nm	1.0	1.5	0.1	0.2	1.0	dB
Tensión de prueba	Mínimo	0.69					GPa
	$\lambda_{0\text{min}}$	1300					nm
Parámetro de dispersión cromática Ajuste Sellmeier de 3 términos (1260 nm a 1460 nm)	$\lambda_{0\text{max}}$	1324					nm
	$S_{0\text{min}}$	0.073					ps/( nm <sup>2</sup> *km)
	$S_{0\text{max}}$	0.092					ps/( nm <sup>2</sup> *km)
	Min a 1550 nm	13.3					ps/( nm <sup>2</sup> *km)
Ajuste lineal (1460 nm a 1625 nm)	Max a 1550 nm	18.6					ps/( nm <sup>2</sup> *km)
	Min a 1625 nm	17.2					ps/( nm <sup>2</sup> *km)
	Max a 1625 nm	23.7					ps/( nm <sup>2</sup> *km)
	Atributos de cable						
Coeficiente de atenuación	Máximo de 1310 nm a 1625 nm	0.40					dB/km
	Máximo a 1383 nm $\pm 3$ nm después del envejecimiento con hidrógeno	0.40					dB/km
	Máximo a 1530 nm a 1565 nm	0.30					dB/km
Coeficiente PMD	M	20					Cables
	Q	0.01					%
	Máximo PDM <sub>Q</sub>	0.20					ps/km <sup>1/2</sup>

*Nota.* La región de longitud de onda puede ampliarse a 1260 nm añadiendo una pérdida de dispersión de Rayleigh inducida de 0,07 dB/km al valor de atenuación a 1310 nm. Fuente:

(Unión Internacional de Telecomunicaciones - Recomendación UIT-T G.657, 2016)

De este modo para delimitar finalmente este tercer criterio de diseño, la selección del tipo de fibra óptica que se va a usar para el diseño de la red va a ser los de la Recomendación UIT-T G.652 y UIT-T G.657 específicamente las subcategorías UIT-T G.652.D y UIT-T G.657.A2 que de acuerdo a los tres tipos de tendidos cables de fibra óptica que se usan en la arquitectura de red FTTH son para la red Feeder, la red de distribución y la red de dispersión. De tal forma para la red Feeder se va a usar el tipo de fibra óptica de la Recomendación UIT-T G.652 subcategoría UIT-T G.652D y para las redes Distribución y Dispersión se va a usar el tipo de fibra óptica de la Recomendación UIT-T G.657 subcategoría UIT-T G.657.A2.

Una vez que se han establecido todos los criterios de diseño de la red de fibra óptica de arquitectura FTTH con tecnología XG-PON, el siguiente paso en el proceso de diseño son los cálculos teóricos de la red óptica, es decir el proceso matemático que teóricamente garantiza un correcto funcionamiento de la red. Dicho proceso del cálculo teórico se denomina el cálculo del presupuesto de potencia y pérdida óptica.

### **4.3. Presupuesto de potencia y presupuesto de pérdida óptica**

Según como lo define la The Fiber Optic Association, (2016), el presupuesto de potencia y la pérdida óptica son dos conceptos distintos que llevan una relación conceptual y matemática muy importante para los diseños de redes de fibra óptica. Es así que en este punto la relevancia de los cálculos matemáticos aborda el análisis de potencias que se emiten desde la OLT hasta la ONT con la finalidad de garantizar un correcto funcionamiento de la red óptica sin que el receptor se vea sobrecargado o que tenga la suficiente señal lumínica para funcionar

adecuadamente. Se va definir en primer lugar el presupuesto de potencia óptico y a continuación la pérdida de potencia óptica para finalmente proceder con el cálculo y análisis matemático.

#### ***4.3.1. Conceptualización del presupuesto de potencia óptico***

Se define como la diferencia entre la potencia lumínica emitida por el emisor, es decir la OLT y la potencia lumínica que puede percibir el receptor, es decir la ONT. Dicha diferencia de potencia es la máxima pérdida que puede existir o tolerar un enlace óptico.

#### ***4.3.2. Conceptualización de la pérdida de potencia óptica***

A diferencia del presupuesto de potencia, esta potencia se define como la cantidad de potencia que se va perdiendo a través de toda la red óptica desde la OLT hasta la ONT, siendo una sumatoria de todas las atenuaciones del sistema debido a los componentes utilizados en la red, como son los cables de fibra óptica, conectores, empalmes, atenuadores y otros equipos pasivos de la red óptica.

Una vez que se comprende ambos conceptos, se debe proceder a calcular el presupuesto de potencia óptico que la red a diseñar puede tolerar, este análisis es basado según la Unión Internacional de Telecomunicaciones - Recomendación UIT-T G.987.2 (2020), que detalla las especificaciones técnicas de los equipos de OLT y ONT para un correcto funcionamiento de la red óptica.

#### ***4.3.3. Especificaciones de capa dependiente de los medios físicos (PMD)***

Según la Unión Internacional de Telecomunicaciones - Recomendación UIT-T G.987.2 (2020), se explica en el apartado 9.2 los requisitos de la capa dependiente del medio físico para

la tecnología XG-PON, que a su vez en el apartado 9.2.6 se expone los parámetros PMD de esta tecnología, y esto se debe a que este apartado es de gran interés para realizar adecuadamente el cálculo del presupuesto de potencia óptica y las pérdidas de potencia.

Dentro de este apartado se detallan dos puntos muy importantes los cuales son: los parámetros físicos de una simple ODN y los parámetros de las interfaces ópticas de transmisor OLT y receptor ONT.

**4.3.3.1. Parámetros físicos de una ODN simple.** En este punto se especifican los parámetros que tienen que ver con los rangos de atenuación para la pérdida de potencia óptica normatizada que según la clase de la tecnología XG-PON se use para el diseño de la red es la que se va a considerar. Esto es muy similar por ejemplo a las redes G-PON que poseen varias clases del presupuesto de pérdida óptica. Según Huawei Technologies Co., Ltd. , (2021), se explica las 5 especificaciones de la pérdida de potencia óptica las cuales se detallan en la Tabla 18.

Como se observa en la Tabla 18, la clase B+ es la que suele utilizar para redes G-PON con una pérdida de potencia óptica máxima de 28 dB.

**Tabla 18**

*Rangos de atenuación por clase para G-PON*

<b>Rangos de atenuación para G-PON</b>		
Clases	Pérdida de potencia óptica	Unidad
Clase A	5 – 20	dB
Clase B	10 – 25	dB
Clase B+	13 – 28	dB
Clase C	15 – 30	dB
Clase C+	17 – 32	dB

Fuente: (Huawei Technologies Co., Ltd. , 2021)

Esto se lo explica porque en la Recomendación UIT-T G.987.2 se detallan las clases para la tecnología XG-PON. En la Tabla 19 se puede observar las clases de los rangos de atenuación y también se cada una de estas clases. Existen 4 clases que son: nominal1, nominal2, extendida1, extendida2. Pues bien, cada una de estas clases hace referencia al ancho de banda que posee cada subcategoría de la tecnología XG-PON, es decir XG-PON1 y XG-PON2, que su única diferencia es en la XG-PON1 posee velocidades de upstream y downstream asimétricas (nominal1), mientras que XG-PON2 posee velocidades de upstream y downstream simétricas (nominal2), y únicamente las clases extendidas hacen referencia a estas subcategorías de XG-PON pero dando un mayor margen de atenuación para redes más extensas, de ahí su nombre de clase.

**Tabla 19**

*Rangos de atenuación para la tecnología XG-PON*

<b>Rangos de atenuación para XG-PON</b>					
Pérdidas de potencia	Clase N1	Clase N2	Clase E1	Clase E2	Unidad
Pérdida mínima	14	16	18	20	dB
Pérdida máxima	29	31	33	35	dB

Fuente: (Unión Internacional de Telecomunicaciones - Recomendación UIT-T G.987.2, 2020)

**4.3.3.2. Parámetros de interfaces ópticas de OLT y ONT.** En este punto se explican los parámetros de interfaces ópticas, es decir que en base a las clases de los rangos de atenuación para la tecnología XG-PON se tienen las potencias medias mínima y máxima lanzadas por la OLT y recibida en la ONT. En la Tabla 20 se evidencia estas potencias mínimas y máximas para cada clase de atenuación de potencia.

**Tabla 20**

*Parámetros de potencias transmitidas de OLT y recibidas de ONT*

<b>Potencias transmitidas de OLT y recibidas de ONT</b>								
Clases		N1	N2		E1	E2		Unidad
Subclases		-	N2a	N2b	-	E2a	E2b	
Transmisor OLT	Potencia mínima	+2.0	+4.0	+10.5	+6	+8	+14.5	dBm
	Potencia máxima	+6.0	+8.0	+12.5	+10	+12	+16.5	dBm
Receptor ONT	Sensibilidad mínima	-28.0	-28.0	-21.5	-28.0	-28.0	-21.5	dBm
	Sobrecarga mínima	-8.0	-8.0	-3.5	-8.0	-8.0	-3.5	dBm

Fuente: (Unión Internacional de Telecomunicaciones - Recomendación UIT-T G.987.2, 2020)

Una vez que se sabe cuáles son las clases de los rangos de atenuación y también se sabe las potencias máximas y mínimas para la OLT y la ONT según la Recomendación UIT-T G.987.2, se debe realizar un análisis matemático sobre el presupuesto de potencia y la pérdida óptica.

La Recomendación UIT-T G.987.2 explica que al usar la subcategoría XG-PON1 esta va acorde a la clase N1 de los rangos de atenuación óptica, en dicha clase se estable los umbrales máximos y mínimos de pérdida óptica desde 14 dBm hasta 29 dBm, y también para dicha clase N1 se tiene que los valores de potencia de transmisión máxima del transmisor son de +6 dBm y la sensibilidad en receptor es de -28 dBm. Son estos enfoques los más importantes analizar para obtener los valores del presupuesto de potencia y de pérdida óptica más ideales. Como bien lo explica esta misma normativa, los valores de esos rangos de atenuación son las máximas pérdidas que puede tolerar el sistema o, dicho de otra manera, es el caso más desfavorable para la red óptica en donde se incluyen las pérdidas de atenuación debido a conectores, empalmes,

atenuadores ópticos, y otros equipos pasivos en la red óptica que impliquen pérdidas en su estructura física que deben no superar el presupuesto de potencia óptico. En los puntos a continuación se explica este enfoque matemático y se obtienen los valores del presupuesto de potencia y el presupuesto de pérdida óptica.

#### ***4.3.4. Cálculo del presupuesto de potencia óptico***

Según The Fiber Optic Association, (2016), también indica que el cálculo matemático del presupuesto de potencia óptico se lo obtiene a través de la diferencia de potencias entre la potencia máxima que emite el transmisor, es decir la OLT, y la potencia mínima de recepción en la ONT, es decir el nivel mínimo de sensibilidad que posee el receptor al cual es aún capaz de entender la señal lumínica emitida por la OLT. La Ecuación [ 12 ] muestra el cálculo del presupuesto de potencia óptico utilizando los valores de potencia máxima en el Transmisor y sensibilidad en el receptor tomados de la Tabla 20. Como se observa en esta ecuación, se tiene que el presupuesto de potencia óptico es matemáticamente todo el margen óptico de potencia para que el sistema de fibra óptica funcione correctamente con un valor de 34 dB.

$$PP = P_{maxTX} - S_{RX}$$

$$PP = 6 \text{ dBm} - (-28 \text{ dBm})$$

$$PP = 34 \text{ dB} \qquad \qquad \qquad \mathbf{Ecuación [ 12 ]}$$

Donde;

- PP= Presupuesto de potencia óptico
- $P_{maxTX}$ = Potencia máxima de transmisión en el transmisor
- $S_{RX}$ = Potencia mínima o sensibilidad del receptor

#### 4.3.5. Cálculo de la pérdida de potencia óptica

Según la Unión Internacional de Telecomunicaciones - Recomendación UIT-T G.652 (2016), el proceso matemático para realizar el cálculo de la atenuación total de una red óptica se puede obtener mediante la Ecuación [ 13 ].

$$A = \alpha * L + \alpha_s * x + \alpha_c * y + \alpha_n * z \quad \text{Ecuación [ 13 ]}$$

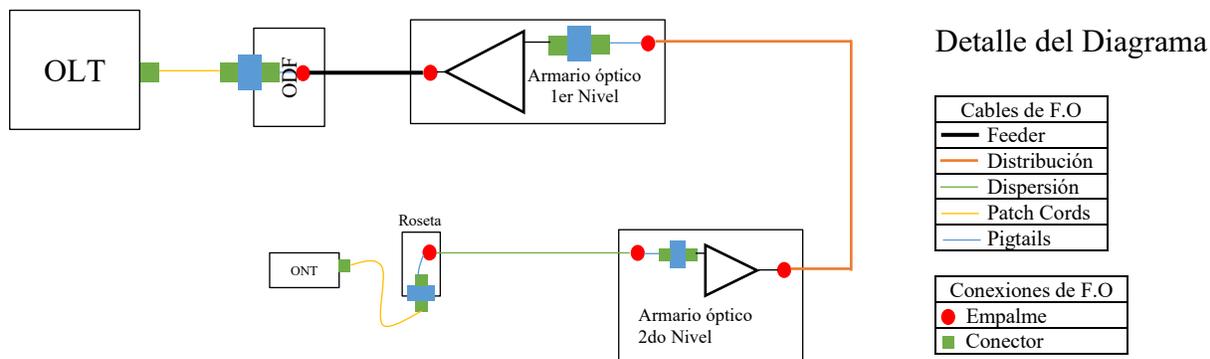
Donde;

- A= Atenuación total
- $\alpha$ = Coeficiente de atenuación de la fibra óptica
- L= Longitud de la fibra óptica
- $\alpha_s$ = Pérdida por empalme
- x= Número de empalmes
- $\alpha_c$ = Pérdida por conector
- y= Número de conectores
- $\alpha_n$  = Pérdida por splitters según el nivel de división
- z= Número de splitters según el nivel de división

En base a este análisis matemático se procede a realizar el cálculo de todas las pérdidas de potencia o atenuaciones que se producen en el trayecto de la comunicación desde la OLT hasta la ONT tomando en referencia la Figura 51 donde se indica la arquitectura de todos los elementos de conexión y funcionamiento de la red FTTH.

**Figura 51**

*Diagrama de elementos que conforman la red FTTH*



Fuente: Autoría propia

**4.3.5.1. Atenuación por longitud de la fibra óptica.** Este tipo de pérdida se debe básicamente a la atenuación de la potencia óptica que se produce debido a la longitud del cable de fibra óptica, por lo que, para realizar un análisis y su respectivo cálculo matemático de este tipo de atenuación, se considera un enfoque basado en la distancia que existe desde la OLT hasta la ONT más lejana y más cercana.

Como bien se explicó en el apartado 4.2.2.1., la ubicación de la OLT se indica en la Figura 50, y como también se indica en la Figura 46 del apartado 4.1.1 de este capítulo, los barrios de estudio tienen una geografía en la que los abonados que se encuentran en las zonas extremas son básicamente 4 puntos específicos. En la Figura 52 a) se indica la distancia máxima del sector 1 y en la Figura 52 b) se indica la distancia máxima del sector 2 respecto a la ubicación de la OLT.

**Figura 52**

*Distancias máximas medidas desde la OLT hasta el cliente más lejano por los sectores 1 y 2 de la zona de estudio*

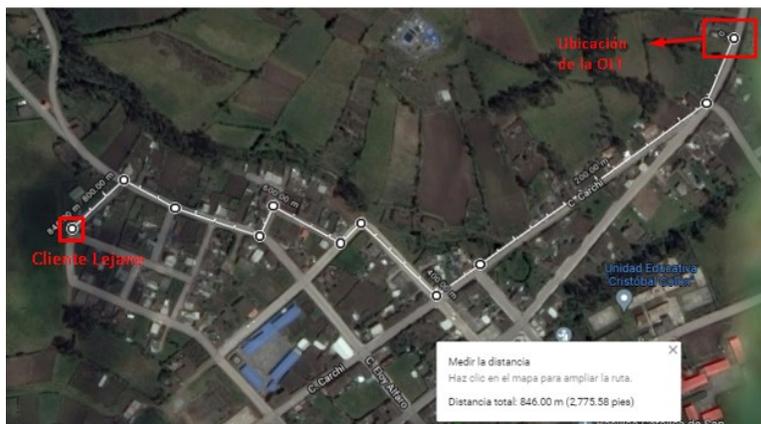


*Nota.* a) Distancia máxima de 0.42385 km desde la OLT hasta cliente más lejano para el sector 1. b) Distancia máxima de 0.78306 km desde la OLT hasta cliente más lejano para el sector 2. Fuente: (Google Maps, 2021). Modificado por: El Autor

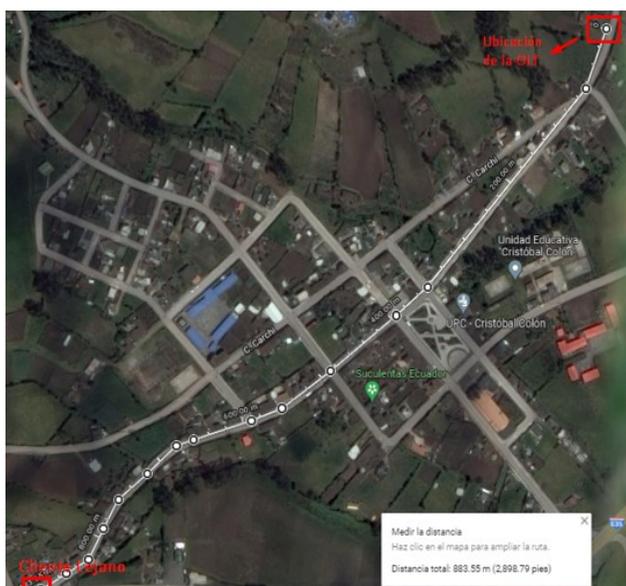
De igual manera en la Figura 53 a) se indica la distancia máxima del sector 3 y en la Figura 53 b) se indica la distancia máxima del sector 4 respecto a la ubicación de la OLT.

**Figura 53**

*Distancias máximas medidas desde la OLT hasta el cliente más lejano por los sectores 3 y 4 de la zona de estudio*



a)



b)

*Nota.* a) Distancia máxima de 0.846 km desde la OLT hasta cliente más lejano para el sector 3. b) Distancia máxima de 0.88355 km desde la OLT hasta cliente más lejano para el sector 4. Fuente: (Google Maps, 2021). Modificado por: El Autor

De este modo se saben estas distancias para conocer el cliente más lejano y tener una comparación frente a los demás clientes más lejanos. Mientras que por el contrario el cliente más cercano se encuentra a una distancia de 0,05 km desde la OLT.

Una vez que se ha obtenido estas distancias máximas, se concluye que el cliente más lejano se encuentra a una distancia de 0.88355 km desde la OLT, y como el cliente más cercano se encuentra a una distancia de 0.05 km, con estos datos se procede a calcular la atenuación que se produce en la fibra óptica debido a la distancia. Como se indicó en la Ecuación [ 13 ], esta atenuación es el producto de la distancia de la fibra óptica y el coeficiente de atenuación que según la Unión Internacional de Telecomunicaciones - Recomendación UIT-T G.657 (2016), para el tipo de fibra óptica de la subcategoría G.652.D se tiene un valor de 0.47 dB/km en el rango de longitudes de onda desde 1260 nm hasta 1625 nm. En la Ecuación [ 14 ] se indica la atenuación calculada para el cliente más lejano y en la Ecuación [ 15 ] se indica la atenuación calculada para el cliente más cercano. Donde  $Ad$  es la atenuación de distancia.

$$Ad = \alpha * L_{\text{cliente lejano}}$$

$$Ad = 0.47 \frac{dB}{km} * 0.88355 \text{ km}$$

$$Ad = 0.42 \text{ dB} \quad \text{Ecuación [ 14 ]}$$

$$Ad = \alpha * L_{\text{cliente cercano}}$$

$$Ad = 0.47 \frac{dB}{km} * 0.05 \text{ km}$$

$$Ad = 0.02 \text{ dB} \quad \text{Ecuación [ 15 ]}$$

**4.3.5.2. Atenuación de conexión por empalmes.** Este tipo de pérdida óptica, se debe a la fusión óptica entre los distintos cables de fibra óptica, ya sea para la conexión entre las distintas redes de acceso o entre Pigtailes o Patch Cords. Según la Unión Internacional de Telecomunicaciones - Recomendación UIT-T L.12 (2008), en las propiedades funcionales de los empalmes se tiene un valor de atenuación medio y máximo para longitudes de onda desde los 1260 nm hasta los 1625 nm. En la Tabla 21 se indica estos valores de atenuación. Para tener un mejor cálculo matemático se hará uso de la atenuación máxima de empalme que es de 0.2 dB.

**Tabla 21**

*Rangos de atenuación de empalmes de fibra óptica*

<b>Rangos de atenuación de empalmes de fibra óptica</b>			
Tipo de pérdida	Longitud de onda	Atenuación	Unidad
Inserción	1260 nm – 1625 nm	≤ 0.1 media	dB
		≤ 0.2 máxima	dB

Fuente: (Unión Internacional de Telecomunicaciones - Recomendación UIT-T L.12, 2008)

Basado en la Figura 51, se tiene un total de 6 empalmes por fusión de fibra óptica, y como en la Ecuación [ 13 ] se indica que para el cálculo de este tipo de atenuación es igual al producto de la atenuación del empalme y la cantidad de empalmes ópticos, se tiene el siguiente proceso de resolución, donde  $A_e$  es la atenuación debido a los empalmes en toda la red óptica. En la Ecuación [ 16 ] se indica la atenuación total de empalmes.

$$Ae = \alpha_s * x$$

$$Ae = 0.2 \text{ dB} * 6$$

$$Ae = 1.2 \text{ dB}$$

**Ecuación [ 16 ]**

**4.3.5.3. Atenuación de conexión por conectores.** La atenuación que es debido a la conexión de conectores ópticos en el trayecto de la red óptica, tal y como lo explica la Unión Internacional de Telecomunicaciones - Recomendación UIT-T L.36 (2015), se conoce como pérdidas por inserción de este tipo de elemento pasivo. Según los requerimientos ópticos se tiene en la Tabla 22 los grados de atenuación y sus rangos medios y máximos de pérdida de potencia. Esta tabla indica un rango desde el más ideal (Grado A) hasta el peor caso (Grado D), considerando que el Grado A aún no está definido, lo que se recomienda es usar el grado más utilizado que es el Grado C, para lo cual se hará uso de la máxima atenuación indicada que debe ser de 0.5 dB.

**Tabla 22**

*Grados de atenuación de conectores de fibra óptica*

<b>Grados de atenuación de conectores de fibra óptica</b>		
Grados de atenuación	Atenuación	Unidad
Grado A	Aún no definido	dB
Grado B	≤ 0.12 media	dB
	≤ 0.25 máxima	dB
Grado C	≤ 0.25 media	dB
	≤ 0.5 máxima	dB
Grado D	≤ 0.5 media	dB
	≤ 1 máxima	dB

Fuente: (Unión Internacional de Telecomunicaciones - Recomendación UIT-T L.36, 2015)

Basado en la Figura 51 se tiene un total de 10 conexiones por conectores de fibra óptica, y como en la Ecuación [ 13 ] se indica que para el cálculo de este tipo de atenuación es igual al producto de la atenuación del conector y la cantidad de conectores ópticos, se tiene el siguiente proceso de resolución, donde  $A_c$  es la atenuación debido a los conectores en toda la red óptica. En la Ecuación [ 17 ] se indica la atenuación total de conectores.

$$A_c = \alpha_s * x$$

$$A_c = 0.5 \text{ dB} * 10$$

$$A_c = 5 \text{ dB}$$

**Ecuación [ 17 ]**

**4.3.5.4. Atenuación por splitters.** Finalmente, se tiene la atenuación debido a las ramificaciones de las líneas de fibra óptica, es decir la pérdida de potencia que se tiene cuando un hilo de fibra óptica se divide en otras líneas ópticas. Según la Unión Internacional de Telecomunicaciones - Recomendación UIT-T G.671 (2019), se tiene para cada salida de división óptica que cumple con la condición de  $X=2^n$ , donde  $n$  es un número entre 1 – 6.  $N$  y  $X$  representan el número de puertos de entrada  $N = 1$  o  $2$  y el número de puertos de salida  $X = 2, 4, 8, 16, 32$  o  $64$ .

Como se indicó en la Figura 51, existen dos niveles de splitteo para la red óptica, y según el primer criterio de diseño se van a usar 4 splitters de primer nivel con división óptica de 1:4 y 16 splitters de segundo nivel con división óptica de 1:16. La Tabla 23 indica las atenuaciones para cada nivel de división óptica, siendo la atenuación máxima para cada nivel respectivamente de 7.4 dB y de 14.1 dB.

**Tabla 23***Pérdidas por inserción en divisores ópticos*

<b>Pérdidas por inserción en divisores ópticos</b>				
N	X	Min IL	Max IL	Unidad
1	2	2.8	3.9	dB
	4	5.4	7.4	dB
	8	8.2	10.6	dB
	16	10.8	14.1	dB
	32	13.3	17.5	dB
	64	16.1	20.9	dB
2	2	2.6	4.2	dB
	4	5.1	7.7	dB
	8	7.6	11.2	dB
	16	10.1	14.7	dB
	32	12.7	18.2	dB
	64	15.2	21.7	dB

Fuente: (Unión Internacional de Telecomunicaciones - Recomendación UIT-T G.671, 2019)

Una vez se tiene delimitado la atenuación para cada splitter que se va a usar, se procede a realizar el cálculo matemático de la atenuación total debido a este elemento pasivo. En la Ecuación [ 13 ] se indica que la atenuación total de splitters es el producto del nivel del divisor óptico y la cantidad de splitters ópticos para esa línea óptica desde la OLT hasta la ONT. En la Ecuación [ 18 ] se indica el proceso matemático, donde  $A_s$  es la atenuación total debido a los divisores ópticos.

$$A_s = \alpha_n * z$$

$$A_s = \alpha_{1:4} * 1 + \alpha_{1:16} * 1$$

$$A_s = 7.4 \text{ dB} + 14.1 \text{ dB}$$

$$A_s = 21.5 \text{ dB}$$

**Ecuación [ 18 ]**

**4.3.5.5. El margen de atenuación o margen de guarda.** Tal y como se establece en The Fiber Optic Association, (2016), debe existir un margen de pérdida que cubra básicamente el deterioro del sistema óptico debido al paso del tiempo y también debido a cualquier tipo de causas ambientales, por lo que al restar dicho margen que es un valor máximo definido de 3 dB se obtendrá el presupuesto de pérdida óptica matemático para el enlace, y que debería ser suficiente para obtener un presupuesto de potencia óptico coherente.

**4.3.5.6. Relación y cálculo del presupuesto de pérdida óptica + margen de atenuación.** Como bien lo define la Unión Internacional de Telecomunicaciones - Recomendación UIT-T G.652 (2016), el margen de atenuación es un valor matemático que se suma a la Ecuación [ 13 ], es decir, la sumatoria de todas las pérdidas de potencia óptica calculadas que son: atenuaciones de la fibra óptica, atenuaciones por empalmes, atenuaciones por conectores ópticos y atenuaciones de splitters. Este valor es el que se debe asignar para futuras modificaciones en la estructura física de la red óptica garantizando que la red funcione adecuadamente sin alteraciones en sus potencias de transmisión y de recepción.

De esta manera ahora se puede definir la atenuación total que se produce en la red óptica tanto para el cliente más lejano y el cliente más cercano. La atenuación total es la sumatoria de todas las demás atenuaciones calculadas que debe ser menor a 29 dB siendo la atenuación máxima permitida para la tecnología XG-PON1.

$$At = Ad + Ae + Ac + As \leq 29 \text{ dB}$$

- $At$  = Atenuación total
- $Ad$  = Atenuación de fibra óptica

- $A_e$  = Atenuación de empalme
- $A_c$  = Atenuación de conectores
- $A_s$  = Atenuación de splitters

En la Ecuación [ 19 ] se indica la atenuación total calculada para el cliente más lejano

$$At_{cli\ lejano} = Ad + Ae + Ac + As \leq 29\ dB$$

$$At_{cli\ lejano} = 0.42\ dB + 1.2\ dB + 5\ dB + 21.5\ dB \leq 29\ dB$$

$$At_{cli\ lejano} = 28.12\ dB \leq 29\ dB \quad \text{Ecuación [ 19 ]}$$

En la Ecuación [ 20 ] se indica la atenuación total calculada para el cliente más cercano.

$$At_{cli\ cercano} = Ad + Ae + Ac + As \leq 29\ dB$$

$$At_{cli\ cercano} = 0.02\ dB + 1.2\ dB + 5\ dB + 21.5\ dB \leq 29\ dB$$

$$At_{cli\ cercano} = 27.72\ dB \leq 29\ dB \quad \text{Ecuación [ 20 ]}$$

Una vez que se ha obtenido la atenuación total de todos los componentes pasivos en la red óptica y se corrobore que dicha atenuación es menor o igual al máximo permitido ( $\leq 29$  dB) para la tecnología XG-PON1, se debe sumar la atenuación de guarda o margen de pérdida óptica para cubrir el deterioro del sistema a futuro.

De tal manera en la Ecuación [ 21 ] se tiene la atenuación total para el cliente más lejano que debe ser menor al presupuesto óptico establecido en el apartado 4.3.4 que es de máximo 34 dB.

$$At_{cli\ lejano+margen} = 28.12\ dB + 3\ dB \leq 34\ dB$$

$$At_{cli\ lejano+margen} = 31.12\ dB \leq 34\ dB \quad \text{Ecuación [ 21 ]}$$

De igual manera en la Ecuación [ 22 ] se tiene la atenuación total para el cliente más cercano que también debe ser menor al presupuesto óptico establecido en el apartado 4.3.4 que es de máximo 34 dB.

$$At_{cli\ cercano+margen} = 27.72\ dB + 3\ dB \leq 34\ dB$$

$$At_{cli\ cercano+margen} = 30.72 \leq 34\ dB \quad \text{Ecuación [ 22 ]}$$

**4.3.5.7. Potencia recibida en el receptor óptico.** Como bien se sabe, la potencia que se receptor en la ONT es la potencia con la que va a funcionar de una forma correcta el sistema, es así que se debe calcular la potencia que llega el receptor óptico para establecer un criterio en el que se establezca que la ONT si es capaz de comunicarse con la OLT tanto para el cliente más lejano y el cliente más cercano. Cabe mencionar que el presupuesto de potencia óptico es la diferencia de potencia máxima emitida en la OLT y la potencia mínima recibida en la ONT según la normativa UIT-T G.987.2.

En la Ecuación [ 23 ] se observa el cálculo de la potencia de recepción en la ONT más lejana, considerando por medio de la Ecuación [ 21 ] una igualdad en la atenuación y el presupuesto de potencia óptico establecido.

*Cálculo cliente más lejano* → 31.12 dB = 34 dB

$$31.12 \text{ dB} = PP$$

$$31.12 \text{ dB} = P_{maxTX} - S_{RX}$$

$$S_{RX} = P_{maxTX} - 31.12 \text{ dB}$$

$$S_{RX} = 6 \text{ dBm} - 31.12 \text{ dB}$$

$$S_{RX} = -25.12 \text{ dBm} \quad \text{Ecuación [ 23 ]}$$

En la Ecuación [ 24 ] se observa el cálculo de la potencia de recepción en la ONT más cercana, considerando por medio de la Ecuación [ 22 ] una igualdad en la atenuación y el presupuesto de potencia óptico establecido.

*Cálculo cliente más cercano* → 30.72 dB = 34 dB

$$30.72 \text{ dB} = PP$$

$$30.72 \text{ dB} = P_{maxTX} - S_{RX}$$

$$S_{RX} = P_{maxTX} - 30.72 \text{ dB}$$

$$S_{RX} = 6 \text{ dBm} - 30.72 \text{ dB}$$

$$S_{RX} = -24.72 \text{ dBm} \quad \text{Ecuación [ 24 ]}$$

Como se observa en la Ecuación [ 23 ] y la Ecuación [ 24 ] la potencia que llega al receptor está en el rango aceptable para que se establezca una comunicación coherente entre la OLT y la ONT, dicho rango se encuentra entre los umbrales de -8 dBm como mínima potencia y -28 dBm como máxima potencia.

#### 4.4. Diseño de la red óptica pasiva

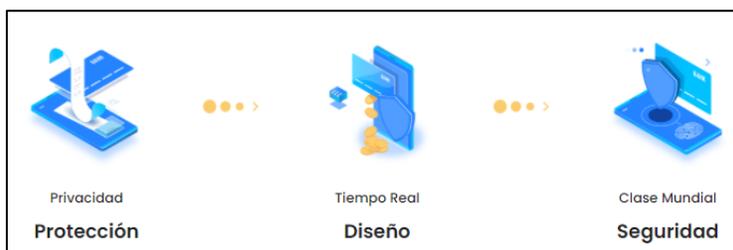
Ahora bien, una vez se ha establecido en los puntos 4.1., 4.2, y 4.3 los requerimientos básicos de diseño, los criterios de diseño y el presupuesto de potencia y pérdida óptica; se procede a entregar el diseño final de la red óptica, además de indicar los equipos que se van a usar para el correcto funcionamiento de la red y los fabricantes de los distintos componentes que conforman la arquitectura de red FTTH para la tecnología XG-PON.

##### *4.4.1. Software a usar para el diseño de la red*

El software RedFTTH, es una plataforma digital con alojamiento en la nube que permite al usuario realizar todo tipo de diseños para redes de arquitectura FTTH de una manera rápida, sencilla y con una interfaz gráfica fácil de usar. El autor de la presente investigación, realizó la adquisición de la licencia del software RedFTTH en su versión estándar que posee un valor de \$6.97 la mensualidad de licencia (RedFTTH, 2021). En la Figura 54 se puede observar las ventajas que brindar usar este software en la nube.

#### Figura 54

*Ventajas de usar el software RedFTTH como herramienta de diseño de redes FTTH*

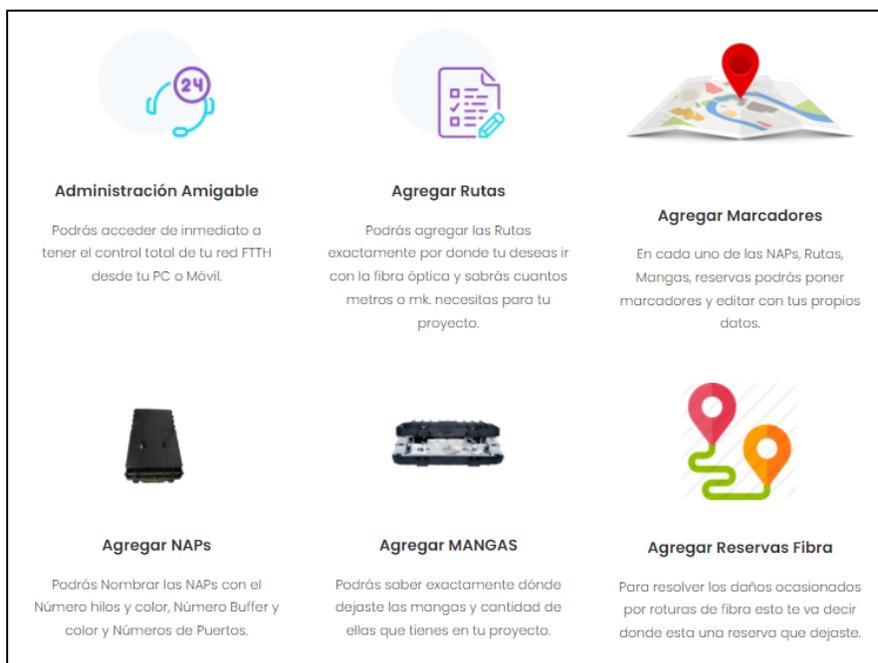


Fuente: (RedFTTH, 2021)

Adicionalmente, en la Figura 55 se puede observar todas las características que brinda el software RedFTTH para el usuario.

### Figura 55

#### *Características de la herramienta RedFTTH para el diseño de redes FTTH*

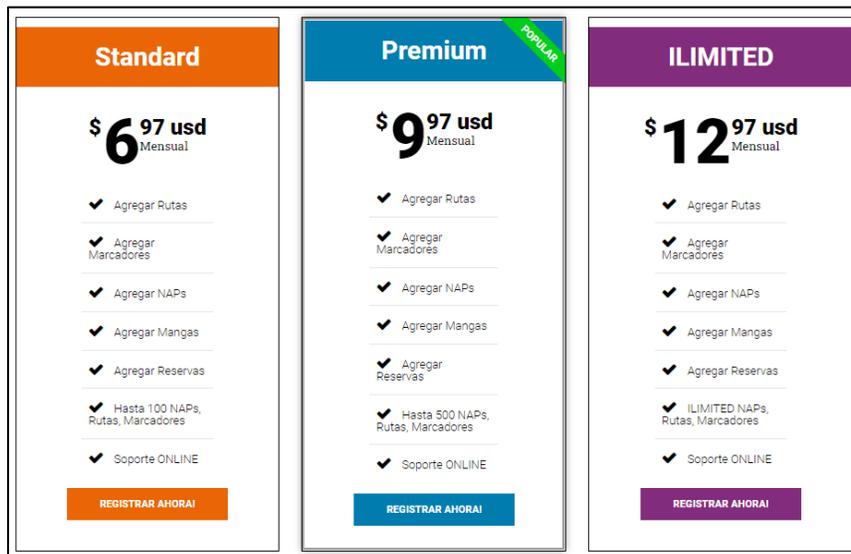


Fuente: (RedFTTH, 2021)

Finalmente, en la Figura 56 se indican los paquetes de adquisición para el usuario, por lo que la zona de estudio a la que se va a realizar el diseño de red óptico no tiene una población muy extensa y su expansión geográfica es pequeña, basta con contratar la licencia estándar que se diferencia con sus otros paquetes en la capacidad de agregar máximo 100 NAPs, rutas y marcadores.

Figura 56

*Paquetes que ofrece el software RedFTTH para el diseño de redes FTTH*



Fuente: (RedFTTH, 2021)

#### **4.4.2. Redes de acceso de fibra óptica para arquitectura FTTH**

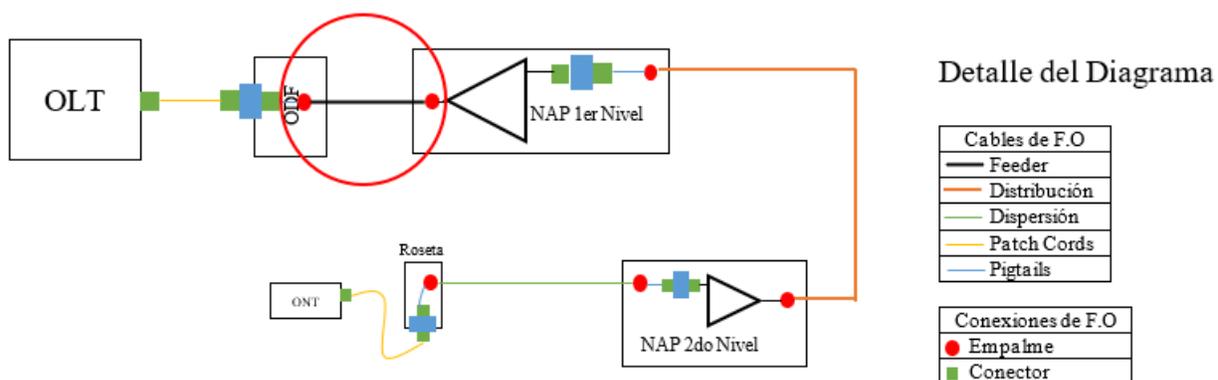
Para empezar con el diseño de la red óptica de arquitectura FTTH, se debe señalar los tres tipos de redes de acceso que posee esta arquitectura según como lo indica la Unión Internacional de Telecomunicaciones - Recomendación UIT-T G.987.1 (2020), en donde la topología que se va a usar es la de dos niveles de división óptica, con el nivel más bajo de la red de acceso el segundo nivel de división óptica. Esta misma normativa indica que existen tres redes de acceso las cuales se conocen como red Feeder o red Troncal, red de Distribución y red de Dispersión.

**4.4.2.1. Red Feeder o Troncal.** Esta red es la que conecta básicamente a los hilos de fibra óptica en la OLT con los Armarios ópticos de primer nivel, esta red es la más importante de diseñar debido que a partir de esta red óptica se podrá dividir

las líneas ópticas para los demás niveles de splitteo. En la Figura 57 se indica la trayectoria de la red Feeder para la arquitectura FTTH.

**Figura 57**

*Especificación de red Feeder en arquitectura FTTH*



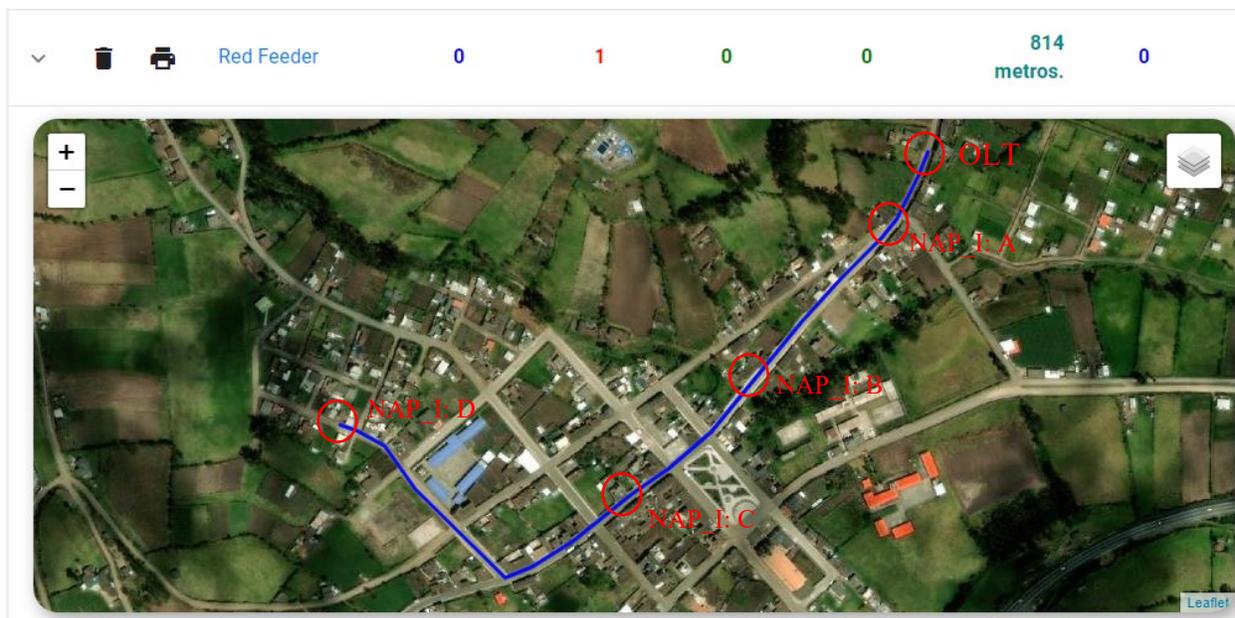
Fuente: Autoría propia

Ahora bien, una vez que se conoce la trayectoria de esta red troncal es necesario establecer la distancia máxima del cable de fibra óptica desde la OLT hasta el último Armario óptico de primer nivel. La distancia total en metros que se obtiene usando el software RedFTTH, para lo cual se debe establecer un porcentaje de la distancia máxima para definir la longitud de fibra óptica que se debe dejar en reserva. La UIT no establece algún criterio para los márgenes de reserva de los cables de fibra óptica para la red troncal, únicamente establece que el mejor parámetro de diseño es la optimización de la longitud de la fibra óptica. Por tal razón se hace uso de la normativa de la Corporación Nacional de Telecomunicaciones - CNT (2012) en la

que se indica los metros de reserva óptica que se debe dejar en la trayectoria troncal es del 15% del total de esta red. En la Figura 58 se observa la distancia total medida.

### Figura 58

*Distancia total calculada para la red Feeder de 814 metros*



Fuente: (RedFTTH, 2021). Modificado por: El autor

Con esta información se puede obtener en la Ecuación [ 25 ] la distancia total incluidas las reservas de fibra óptica para la red Feeder, donde  $dF$  es la distancia de la red Feeder y  $dm$  es la distancia medida. Además, como se considera un aumento en reservas del 15%, esta fibra adicional es la que se debería dividir según el total de Armarios ópticos primarios que como resultado da 30 metros de fibra óptica de reserva en cada Armario óptico primario, que a su vez se deben colocar la mitad de la reserva en cada lado del empalme, es decir 15 metros de reserva antes del empalme y 15 metros después del empalme en cada Armario óptico primario.

$$dF = dm + 15\%dm$$

$$dF = 0.814 \text{ km} + 0.1221 \text{ km}$$

$$dF = 0.9361 \text{ km}$$

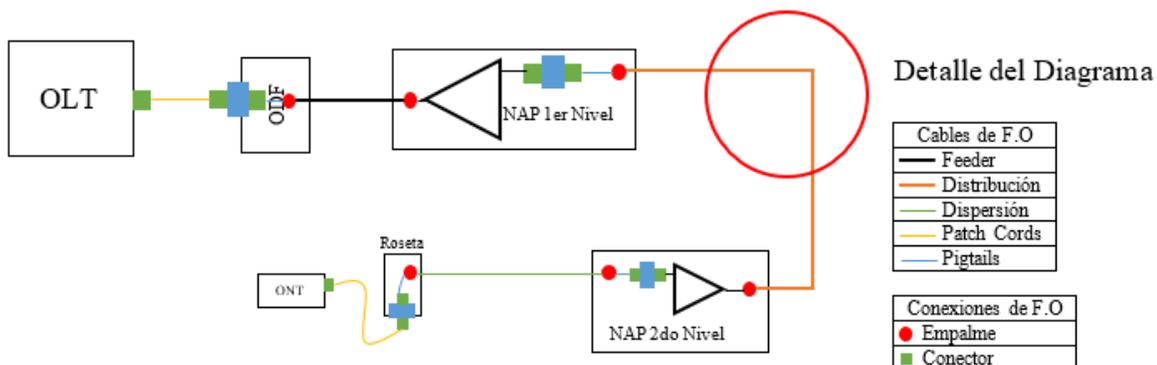
**Ecuación [ 25 ]**

Lo más ideal al momento de adquirir el cable de fibra óptica es una longitud mayor a la que se ha obtenido debido a imperfecciones en las medidas al utilizar el software, por lo que se considera adquirir una distancia de 1.5 km de fibra óptica para la red Feeder.

**4.4.2.2. Red Distribución.** Esta red es el siguiente tramo para la arquitectura FTTH, por lo que como su nombre lo indica, distribuye la potencia que se recibe en cada Armario óptico primario hacia los Armarios ópticos secundarios. La red de Distribución tiene un diseño no lineal como la red Feeder, por lo que cada Armario óptico secundario fue ubicado para cubrir toda la zona de los barrios San Miguel y San Vicente. En la Figura 59 se observa la red de Distribución y sus conexiones con los demás cables de fibra óptica.

**Figura 59**

*Especificación de red Distribución en arquitectura FTTH*



Fuente: Autoría propia

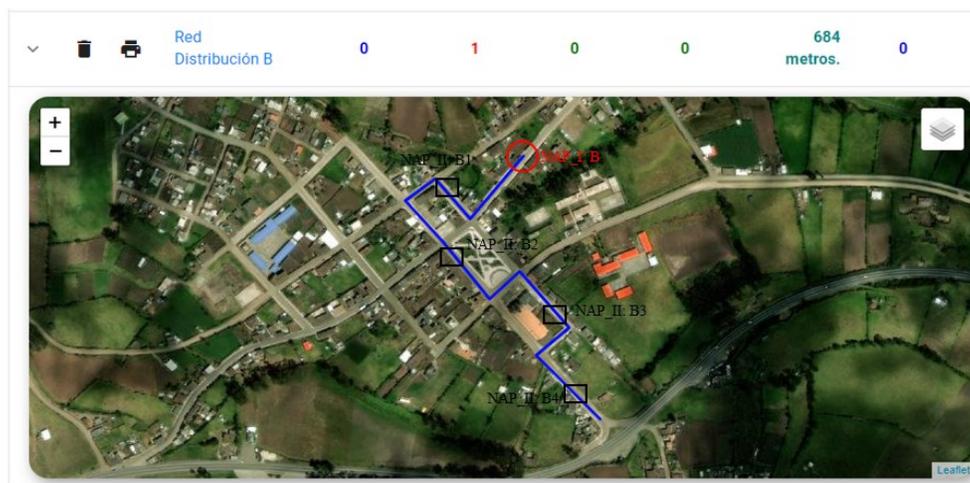
De la misma forma que para la red Feeder, se estableció una distancia entre la OLT y el último Armario óptico primario, ahora se establecen 4 distancias para las 4 redes de Distribución que van desde cada Armario óptico primario a cada Armario óptico secundario de cada red de Distribución. La Corporación Nacional de Telecomunicaciones - CNT (2012) en la que se indica que se debe dejar un 5% de reserva de fibra óptica de la distancia total de la red de Distribución para cada Armario óptico primario, y dicha reserva no es aplicable para todo el trayecto de la red de distribución, sino que ahora es aplicable en cada Armario óptico de segundo nivel. En la Figura 60 a) se indica la distancia máxima para la red de Distribución A, mientras que en la Figura 60 b) se indica la distancia máxima para la red de Distribución B.

**Figura 60**

*Distancias totales calculadas para las redes Distribución A y B*



a)



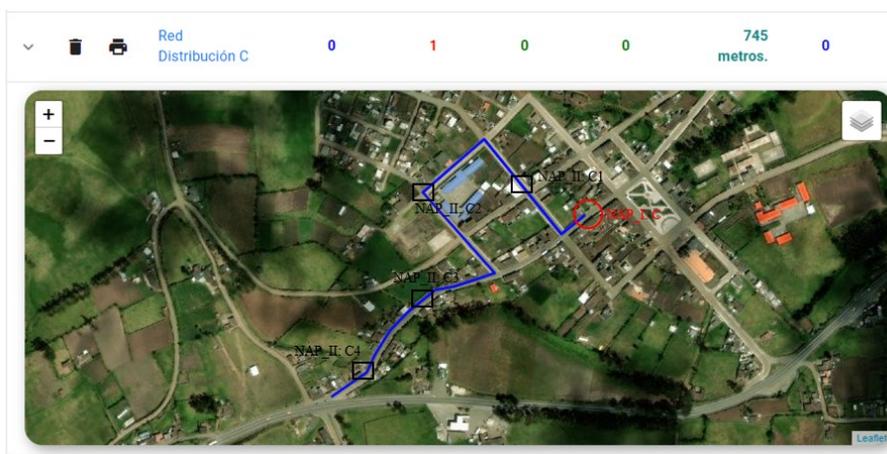
b)

*Nota.* a) Distancia total calculada para la red Distribución A de 478 metros. b) Distancia total calculada para la red Distribución B de 684 metros. Fuente: (RedFTTH, 2021). Modificado por: El autor

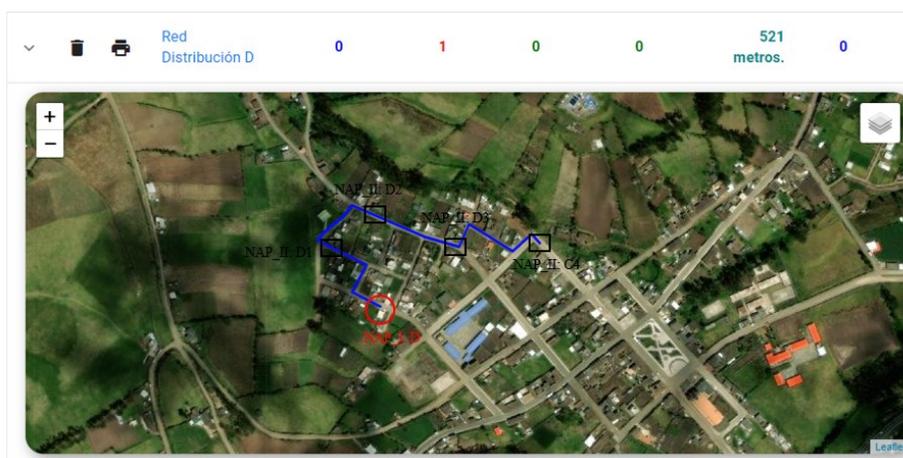
De igual forma en la Figura 61 a) se indica la distancia máxima para la red de Distribución C, mientras que en la Figura 61 b) se indica la distancia máxima para la red de Distribución D.

### Figura 61

*Distancias totales calculadas para las redes Distribución C y D*



a)



b)

*Nota.* a) Distancia total calculada para la red Distribución C de 745 metros. b) Distancia total calculada para la red Distribución D de 521 metros. Fuente: (RedFTTH, 2021). Modificado por: El autor

De la misma forma que para la red Feeder, para esta red se procede a calcular la distancia de fibra óptica total que se deberá usar para el diseño de la red óptica. Donde  $dD$  es la distancia total más reservas de la red de distribución para desde cada Armario óptico primario, y  $dm$  es la distancia medida utilizando el software RedFTTH.

En la Ecuación [ 26 ] se indica la máxima distancia de fibra óptica calculada para la red Distribución A.

$$dD_A = dm + 5\%dm * 4$$

$$dD_A = 0.478 \text{ km} + 0.0956 \text{ km}$$

$$dD_A = 0.5975 \text{ km} \qquad \text{Ecuación [ 26 ]}$$

En la Ecuación [ 27 ] se indica la máxima distancia de fibra óptica calculada para la red Distribución B.

$$dD_B = dm + 5\%dm * 4$$

$$dD_B = 0.684 \text{ km} + 0.13668 \text{ km}$$

$$dD_B = 0.8208 \text{ km} \qquad \text{Ecuación [ 27 ]}$$

En la Ecuación [ 28 ] se indica la máxima distancia de fibra óptica calculada para la red Distribución C.

$$dD_C = dm + 5\%dm * 4$$

$$dD_C = 0.745 \text{ km} + 0.149 \text{ km}$$

$$dD_C = 0.894 \text{ km} \qquad \text{Ecuación [ 28 ]}$$

En la Ecuación [ 29 ] se indica la máxima distancia de fibra óptica calculada para la red Distribución D.

$$dD_D = dm + 5\%dm * 4$$

$$dD_D = 0.521 \text{ km} + 0.1042 \text{ km}$$

$$dD_D = 0.6252 \text{ km} \quad \text{Ecuación [ 29 ]}$$

Cuando ya se han obtenido las distancias máximas de las redes de Distribución, estas se deben sumar para obtener una uncial distancia de la red de Distribución. Por lo que en la Ecuación [ 30 ] se indica la longitud de la red de Distribución a usar para el diseño de la red óptica pasiva incluidas las reservas.

$$dD = dD_A + dD_B + dD_C + dD_D$$

$$dD = 0.5975 \text{ km} + 0.8208 \text{ km} + 0.894 \text{ km} + 0.6252 \text{ km}$$

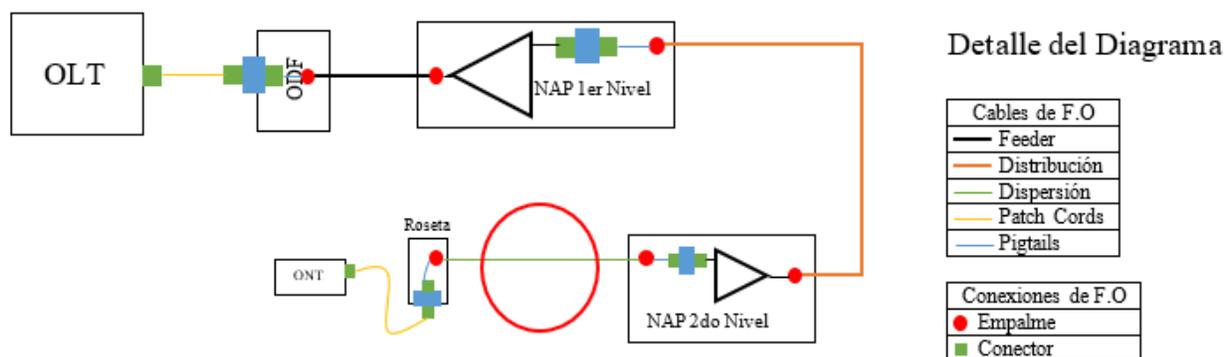
$$dD = 2.9375 \text{ km} \quad \text{Ecuación [ 30 ]}$$

La cantidad de fibra óptica calculada en km que se debe usar para la red de Distribución es de 2.5494 km, por lo que de igual forma que en la red Feeder se va a usar un valor más alto de la cantidad de fibra óptica y esto es debido a las imperfecciones de las medidas realizadas en el software RedFTTH y para dejar un cierto rango de metros de fibra óptica para cualquier tipo de imprevisto. Por tal razón se va a usar una cantidad de fibra total de 3 km.

**4.4.2.3. Red Dispersión.** Finalmente, se tiene la red de Dispersión, que es el último tramo en la arquitectura FTTH, y es la conexión de los cables de fibra óptica entre el Armario óptico de segundo nivel y el equipo ONT en la residencia del abonado. En la Figura 62 se puede observar el tramo de esta red y como se conecta con la roseta óptica en el domicilio del cliente.

**Figura 62**

*Especificación de red Dispersión en arquitectura FTTH*



Fuente: Autoría propia

De igual forma que con las anteriores redes ópticas, para este tramo final se debe saber la cantidad de fibra óptica que se requiere para la comunicación entre la OLT y la ONT. De acuerdo al apartado anterior, el Armario óptico de segundo nivel se lo coloca a una distancia máxima de 100 metros con la ONT en el domicilio del cliente, y como la red fue diseñada para un total de 256 potenciales abonados, se debe calcular la cantidad de fibra óptica de la red de Dispersión que básicamente es el producto de los 100 metros de distancia máxima y los 256 abonados.

Sin embargo, no basta solo con calcular esta cantidad de fibra, ya que también existe una cierta longitud de fibra óptica que se debe dejar como reserva entre el Armario óptico de segundo nivel y la ONT, pero dicha reserva no es más que la que se deja después del empalme en el Armario óptico de segundo nivel, por tal razón el 5% de la fibra óptica que se calculó en el apartado de la red de Distribución ya cubre esta reserva hasta llegar al domicilio del cliente.

En la Ecuación [ 31 ] se indica la cantidad de fibra óptica total que se requiere para la red de Dispersión, donde  $dDis$  es la distancia de la red de Dispersión total. El total de fibra óptica requerida para conectar a todos los abonados es de 25.6 km que se puede aproximar a 26 km.

$$dDis = \#abonados * 0.1 \text{ km}$$

$$dDis = 256 * 0.1 \text{ km}$$

$$dDis = 25.6 \text{ km}$$

**Ecuación [ 31 ]**

#### ***4.4.3. Diseño final de la red óptica para los barrios San Miguel y San Vicente***

Finalmente, una vez se ha establecido las rutas de las redes de acceso de la arquitectura FTTH y también se haya calculado la cantidad de fibra óptica requerida para cada tramo de las redes de acceso, se hace la entrega del diseño final de la red de fibra óptica para los barrios San Miguel y San Vicente.

**4.4.3.1. Caracterización de componentes de red FTTH.** Antes de empezar a explicar la descripción y ubicación de cada componente de la red óptica y después entregar el diseño final de la red, se debe caracterizar cada elemento del diseño de la red, es decir explicar detalladamente la estructura que se ha tomado para el diseño de la red en el software RedFTTH a manera de simbolismos y notaciones propias del autor.

En la Tabla 24 se indica la caracterización de los componentes de Armarios ópticos de primer y segundo nivel.

**Tabla 24**

*Caracterización de Armarios ópticos de primer y segundo nivel*

<b>Caracterización de Armarios ópticos de primer y segundo nivel</b>		
Elemento	Identificativo	Descripción
<b>Armarios ópticos de primer nivel</b>		
NAP #1	NAP_I: A	Ubicación de Armarios ópticos de primer nivel: A que va a usar el hilo de fibra azul
NAP #2	NAP_I: B	Ubicación de Armarios ópticos de primer nivel: B que va a usar el hilo de fibra naranja
NAP #3	NAP_I: C	Ubicación de Armarios ópticos de primer nivel: C que va a usar el hilo de fibra verde
NAP #4	NAP_I: D	Ubicación de Armarios ópticos de primer nivel: D que va a usar el hilo de fibra café
<b>Armarios ópticos de segundo nivel</b>		
NAP #1	NAP_II: A1	Ubicación de Armarios ópticos de segundo nivel: A1 que va a usar el hilo de fibra azul
NAP #2	NAP_II: A2	Ubicación de Armarios ópticos de segundo nivel: A2 que va a usar el hilo de fibra naranja
NAP #3	NAP_II: A3	Ubicación de Armarios ópticos de segundo nivel: A3 que va a usar el hilo de fibra verde
NAP #4	NAP_II: A4	Ubicación de Armarios ópticos de segundo nivel: A4 que va a usar el hilo de fibra café
NAP #5	NAP_II: B1	Ubicación de Armarios ópticos de segundo nivel: B1 que va a usar el hilo de fibra azul

NAP #6	NAP_II: B2	Ubicación de Armarios ópticos de segundo nivel: B2 que va a usar el hilo de fibra naranja
NAP #7	NAP_II: B3	Ubicación de Armarios ópticos de segundo nivel: B3 que va a usar el hilo de fibra verde
NAP #8	NAP_II: B4	Ubicación de Armarios ópticos de segundo nivel: B4 que va a usar el hilo de fibra café
NAP #9	NAP_II: C1	Ubicación de Armarios ópticos de segundo nivel: C1 que va a usar el hilo de fibra azul
NAP #10	NAP_II: C2	Ubicación de Armarios ópticos de segundo nivel: C2 que va a usar el hilo de fibra naranja
NAP #11	NAP_II: C3	Ubicación de Armarios ópticos de segundo nivel: C3 que va a usar el hilo de fibra verde
NAP #12	NAP_II: C4	Ubicación de Armarios ópticos de segundo nivel: C4 que va a usar el hilo de fibra café
NAP #13	NAP_II: D1	Ubicación de Armarios ópticos de segundo nivel: D1 que va a usar el hilo de fibra azul
NAP #14	NAP_II: D2	Ubicación de Armarios ópticos de segundo nivel: D2 que va a usar el hilo de fibra naranja
NAP #15	NAP_II: D3	Ubicación de Armarios ópticos de segundo nivel: D3 que va a usar el hilo de fibra verde
NAP #16	NAP_II: D4	Ubicación de Armarios ópticos de segundo nivel: D4 que va a usar el hilo de fibra café

Fuente: Autoría propia

En la Tabla 25 se indica la caracterización de las rutas Feeder y Distribución de la red óptica.

**Tabla 25**

*Caracterización de rutas Feeder y Distribución*

<b>Caracterización de rutas Feeder y Distribución</b>		
Elemento	Identificativo	Descripción
Rutas Feeder		
Ruta #1	Red Feeder: A	Trayectoria de red Feeder: A usando el hilo azul desde la OLT
Ruta #2	Red Feeder: B	Trayectoria de red Feeder: B usando el hilo naranja desde la OLT
Ruta #3	Red Feeder: C	Trayectoria de red Feeder: C usando el hilo verde desde la OLT

Ruta #4	Red Feeder: D	Trayectoria de red Feeder: D usando el hilo café desde la OLT
Rutas Distribución		
Ruta #1	Red Distribución: A1	Trayectoria de red Distribución: A1 usando el hilo azul desde el NAP_I: A
Ruta #2	Red Distribución: A2	Trayectoria de red Distribución: A2 usando el hilo naranja desde el NAP_I: A
Ruta #3	Red Distribución: A3	Trayectoria de red Distribución: A3 usando el hilo verde desde el NAP_I: A
Ruta #4	Red Distribución: A4	Trayectoria de red Distribución: A4 usando el hilo café desde el NAP_I: A
Ruta #5	Red Distribución: B1	Trayectoria de red Distribución: B1 usando el hilo azul desde el NAP_I: B
Ruta #6	Red Distribución: B2	Trayectoria de red Distribución: B2 usando el hilo naranja desde el NAP_I: B
Ruta #7	Red Distribución: B3	Trayectoria de red Distribución: B3 usando el hilo verde desde el NAP_I: B
Ruta #8	Red Distribución: B4	Trayectoria de red Distribución: B4 usando el hilo café desde el NAP_I: B
Ruta #9	Red Distribución: C1	Trayectoria de red Distribución: C1 usando el hilo azul desde el NAP_I: C
Ruta #10	Red Distribución: C2	Trayectoria de red Distribución: C2 usando el hilo naranja desde el NAP_I: C
Ruta #11	Red Distribución: C3	Trayectoria de red Distribución: C3 usando el hilo verde desde el NAP_I: C
Ruta #12	Red Distribución: C4	Trayectoria de red Distribución: C4 usando el hilo café desde el NAP_I: C
Ruta #13	Red Distribución: D1	Trayectoria de red Distribución: D1 usando el hilo azul desde el NAP_I: D
Ruta #14	Red Distribución: D2	Trayectoria de red Distribución: D2 usando el hilo naranja desde el NAP_I: D
Ruta #15	Red Distribución: D3	Trayectoria de red Distribución: D3 usando el hilo verde desde el NAP_I: D
Ruta #16	Red Distribución: D4	Trayectoria de red Distribución: D4 usando el hilo café desde el NAP_I: D

Fuente: Autoría propia

En la Tabla 26 se indica la caracterización de las reservas de fibra óptica en las redes Feeder y Distribución de la red óptica.

**Tabla 26**

*Caracterización de reservas en redes Feeder y Distribución*

<b>Caracterización de reservas en redes Feeder y Distribución</b>		
Elemento	Identificativo	Descripción
<b>Reserva red Feeder</b>		
Reserva #1	Reserva Feeder: A	Reserva de 30 metros en Armarios ópticos de primer nivel: A. 15 metros antes y 15 metros después del empalme
Reserva #2	Reserva Feeder: B	Reserva de 30 metros en Armarios ópticos de primer nivel: B. 15 metros antes y 15 metros después del empalme
Reserva #3	Reserva Feeder: C	Reserva de 30 metros en Armarios ópticos de primer nivel: C. 15 metros antes y 15 metros después del empalme
Reserva #4	Reserva Feeder: D	Reserva de 30 metros en Armarios ópticos de primer nivel: D. 15 metros antes y 15 metros después del empalme
<b>Reserva red Distribución</b>		
Reserva #1	Reserva Distribución: A1	Reserva de aproximadamente 30 metros en Armarios ópticos de segundo nivel: A1. Colocar la reserva en ambos lados del empalme
Reserva #2	Reserva Distribución: A2	Reserva de aproximadamente 30 metros en Armarios ópticos de segundo nivel: A2. Colocar la reserva en ambos lados del empalme
Reserva #3	Reserva Distribución: A3	Reserva de aproximadamente 30 metros en Armarios ópticos de segundo nivel: A3. Colocar la reserva en ambos lados del empalme
Reserva #4	Reserva Distribución: A4	Reserva de aproximadamente 30 metros en Armarios ópticos de segundo nivel: A4. Colocar la reserva en ambos lados del empalme
Reserva #5	Reserva Distribución: B1	Reserva de aproximadamente 30 metros en Armarios ópticos de segundo nivel: B1. Colocar la reserva en ambos lados del empalme
Reserva #6	Reserva Distribución: B2	Reserva de aproximadamente 30 metros en Armarios ópticos de segundo nivel: B2. Colocar la reserva en ambos lados del empalme
Reserva #7	Reserva Distribución: B3	Reserva de aproximadamente 30 metros en Armarios ópticos de segundo nivel: B3. Colocar la reserva en ambos lados del empalme
Reserva #8	Reserva Distribución: B4	Reserva de aproximadamente 30 metros en Armarios ópticos de segundo nivel: B4. Colocar la reserva en ambos lados del empalme

Reserva #9	Reserva Distribución: C1	Reserva de aproximadamente 30 metros en Armarios ópticos de segundo nivel: C1. Colocar la reserva en ambos lados del empalme
Reserva #10	Reserva Distribución: C2	Reserva de aproximadamente 30 metros en Armarios ópticos de segundo nivel: C2. Colocar la reserva en ambos lados del empalme
Reserva #11	Reserva Distribución: C3	Reserva de aproximadamente 30 metros en Armarios ópticos de segundo nivel: C3. Colocar la reserva en ambos lados del empalme
Reserva #12	Reserva Distribución: C4	Reserva de aproximadamente 30 metros en Armarios ópticos de segundo nivel: C4. Colocar la reserva en ambos lados del empalme
Reserva #13	Reserva Distribución: D1	Reserva de aproximadamente 30 metros en Armarios ópticos de segundo nivel: D1. Colocar la reserva en ambos lados del empalme
Reserva #14	Reserva Distribución: D2	Reserva de aproximadamente 30 metros en Armarios ópticos de segundo nivel: D2. Colocar la reserva en ambos lados del empalme
Reserva #15	Reserva Distribución: D3	Reserva de aproximadamente 30 metros en Armarios ópticos de segundo nivel: D3. Colocar la reserva en ambos lados del empalme
Reserva #16	Reserva Distribución: D4	Reserva de aproximadamente 30 metros en Armarios ópticos de segundo nivel: D4. Colocar la reserva en ambos lados del empalme

Fuente: Autoría propia

**4.4.3.2. Descripción y ubicación de la OLT.** El diseño de la red india que la OLT se encuentra ubicada en el barrio San Vicente, en la Figura 63 se muestra la descripción y la ubicación de la OLT.

### Figura 63

*Descripción y ubicación de la OLT*

Titulo :OLT
Descripcion :Ubicación de la OLT
Coordenadas :
Latitud :0.6089731126006663
Longitud :-77.8096228837967
<a href="#">Edit</a>

Fuente: (RedFTTH, 2021)

### 4.4.3.3. Descripción y ubicación de Armarios ópticos de primer nivel.

Se describe la información a detalle de los Armarios ópticos de primer nivel, además se los ubica de acuerdo como se muestra en la

#### 4.4.3.4.

#### 4.4.3.5.

#### 4.4.3.6. Figura 64 a) para el Armario óptico de primer nivel A y en la

#### 4.4.3.7.

#### 4.4.3.8.

#### 4.4.3.9. Figura 64 b) para el Armario óptico de primer nivel B.

### Figura 64

*Descripción y ubicación de los Armarios ópticos de primer nivel A y B*

<p><b>Título :</b>NAP_I: A</p> <p><b>Descripcion :</b>Ubicación del NAP de Primer Nivel: B que va a usar el hilo de fibra azul</p> <p><b>Coordenadas :</b>            Latitud :0.6082364313190123            Longitud :-77.80997693538667</p> <p><b>Hilos:</b>            Color :Azul            Numero :1</p> <p><b>Buffer:</b>            Color :            Numero :</p> <p><b>Puertos :</b>4</p> <p style="text-align: center;"><b>Edit</b></p>	<p><b>Título :</b>NAP_I: B</p> <p><b>Descripcion :</b>Ubicación del NAP de Primer Nivel: B que va a usar el hilo de fibra naranja</p> <p><b>Coordenadas :</b>            Latitud :0.6070129495608896            Longitud :-77.81110882759094</p> <p><b>Hilos:</b>            Color :Naranja            Numero :2</p> <p><b>Buffer:</b>            Color :            Numero :</p> <p><b>Puertos :</b>4</p> <p style="text-align: center;"><b>Edit</b></p>
a)	b)

*Nota.* a) Descripción y Ubicación de Armarios ópticos de primer nivel: A. b) Descripción y Ubicación de Armarios ópticos de primer nivel: B. Fuente: (RedFTTH, 2021)

De manera similar, a los Armarios ópticos de primer nivel restantes se los ubica de acuerdo como se muestra en la Figura 65 a) para el Armario óptico de primer nivel C y en la Figura 65 b) para el Armario óptico de primer nivel D.

### Figura 65

*Descripción y ubicación de los Armarios ópticos de primer nivel C y D*

<b>Título :</b> NAP_I: C
<b>Descripción :</b> Ubicación del NAP de Primer Nivel: C que va a usar el hilo de fibra verde
<b>Coordenadas :</b> Latitud :0.6057568195912709 Longitud :-77.81236410140993
<b>Hilos:</b> Color :Verde Numero :3
<b>Buffer:</b> Color : Numero :
<b>Puertos :</b> 4
<a href="#">Edit</a>

a)

<b>Título :</b> NAP_I: D
<b>Descripción :</b> Ubicación del NAP de Primer Nivel: D que va a usar el hilo de fibra café
<b>Coordenadas :</b> Latitud :0.6063902526893069 Longitud :-77.81477808952333
<b>Hilos:</b> Color :Cafe Numero :4
<b>Buffer:</b> Color : Numero :
<b>Puertos :</b> 4
<a href="#">Edit</a>

b)

*Nota.* a) Descripción y Ubicación de Armarios ópticos de primer nivel: C. b) Descripción y Ubicación de Armarios ópticos de primer nivel: D. Fuente: (RedFTTH, 2021)

#### **4.4.3.10. Descripción y ubicación de Armarios ópticos de segundo nivel.**

Al igual que para los Armarios ópticos de primer nivel, para los Armarios ópticos de segundo nivel se indican sus descripciones y se los ubica de acuerdo al diseño de los Armarios ópticos de primer nivel.

De esta forma en la Figura 66 a) se puede observar las especificaciones para el Armario óptico de segundo nivel A1 y en la Figura 66 b) se puede observar las especificaciones para el Armario óptico de segundo nivel A2, ambos pertenecen al Armario óptico de primer nivel A.

### **Figura 66**

*Descripción y ubicación de los Armarios ópticos de segundo nivel A1 y A2*

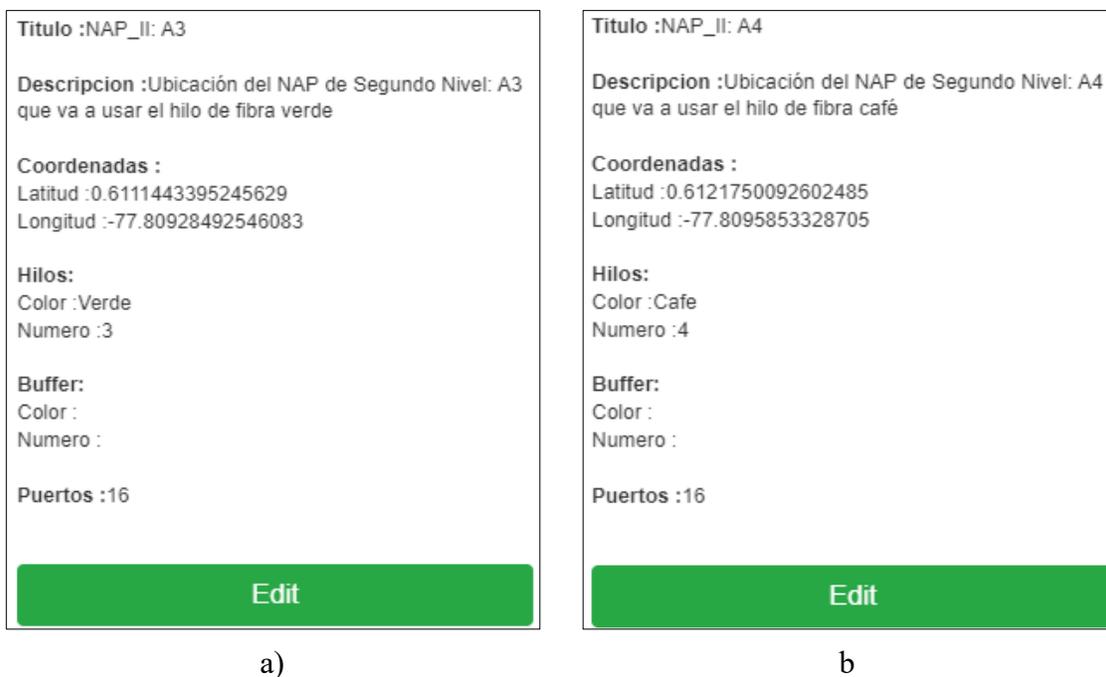
<p><b>Título :</b>NAP_II: A1</p> <p><b>Descripcion :</b>Ubicación del NAP de Segundo Nivel: A1 que va a usar el hilo de fibra azul</p> <p><b>Coordenadas :</b>            Latitud :0.6085706733050117            Longitud :-77.80977845191957</p> <p><b>Hilos:</b>            Color :Azul            Numero :1</p> <p><b>Buffer:</b>            Color :            Numero :</p> <p><b>Puertos :</b>16</p> <p style="text-align: center;"><b>Edit</b></p>	<p><b>Título :</b>NAP_II: A2</p> <p><b>Descripcion :</b>Ubicación del NAP de Segundo Nivel: A2 que va a usar el hilo de fibra naranja</p> <p><b>Coordenadas :</b>            Latitud :0.6100622060056118            Longitud :-77.80943512916566</p> <p><b>Hilos:</b>            Color :Naranja            Numero :2</p> <p><b>Buffer:</b>            Color :            Numero :</p> <p><b>Puertos :</b>16</p> <p style="text-align: center;"><b>Edit</b></p>
a)	b)

*Nota.* a) Descripción y Ubicación de Armarios ópticos de segundo nivel: A1. b) Descripción y Ubicación de Armarios ópticos de segundo nivel: A2. Fuente: (RedFTTH, 2021)

De forma similar en la Figura 67 a) se puede observar las especificaciones para el Armario óptico de segundo nivel A3 y en la Figura 67 b) se puede observar las especificaciones para el Armario óptico de segundo nivel A4, ambos pertenecen al Armario óptico de primer nivel A.

### **Figura 67**

*Descripción y ubicación de los Armarios ópticos de segundo nivel A3 y A4*



*Nota.* a) Descripción y Ubicación de Armarios ópticos de segundo nivel: A3. b)

Descripción y Ubicación de Armarios ópticos de segundo nivel: A4. Fuente: (RedFTTH, 2021)

En cambio, en la Figura 68 a) se puede observar las especificaciones para el Armario óptico de segundo nivel B1 y en la Figura 68 b) se puede observar las especificaciones para el Armario óptico de segundo nivel B2, ambos pertenecen al Armario óptico de primer nivel B.

## **Figura 68**

*Descripción y ubicación de los Armarios ópticos de segundo nivel B1 y B2*

<p><b>Titulo :</b>NAP_II: B1</p> <p><b>Descripcion :</b>Ubicación del NAP de Segundo Nivel: B1 que va a usar el hilo de fibra azul</p> <p><b>Coordenadas :</b>            Latitud :0.6066294728848106            Longitud :-77.81184911727907</p> <p><b>Hilos:</b>            Color :Azul            Numero :1</p> <p><b>Buffer:</b>            Color :            Numero :</p> <p><b>Puertos :</b>16</p> <p style="text-align: center;"><b>Edit</b></p>	<p><b>Titulo :</b>NAP_II: B2</p> <p><b>Descripcion :</b>Ubicación del NAP de Segundo Nivel: B2 que va a usar el hilo de fibra naranja</p> <p><b>Coordenadas :</b>            Latitud :0.6058245543225037            Longitud :-77.81169891357423</p> <p><b>Hilos:</b>            Color :Naranja            Numero :2</p> <p><b>Buffer:</b>            Color :            Numero :</p> <p><b>Puertos :</b>16</p> <p style="text-align: center;"><b>Edit</b></p>
--	--

a) b)

*Nota.* a) Descripción y Ubicación de Armarios ópticos de segundo nivel: B1. b) Descripción y Ubicación de Armarios ópticos de segundo nivel: B2. Fuente: (RedFTTH, 2021)

De forma similar en la Figura 69 a) se puede observar las especificaciones para el Armario óptico de segundo nivel B3 y en la Figura 69 b) se puede observar las especificaciones para el Armario óptico de segundo nivel B4, ambos pertenecen al Armario óptico de primer nivel B.

### **Figura 69**

*Descripción y ubicación de los Armarios ópticos de segundo nivel B3 y B4*

<p><b>Titulo :</b>NAP_II: B3</p> <p><b>Descripcion :</b>Ubicación del NAP de Segundo Nivel: B3 que va a usar el hilo de fibra verde</p> <p><b>Coordenadas :</b>            Latitud :0.6053146101189808            Longitud :-77.8106474876404</p> <p><b>Hilos:</b>            Color :Verde            Numero :3</p> <p><b>Buffer:</b>            Color :            Numero :</p> <p><b>Puertos :</b>16</p> <p style="text-align: center;"><b>Edit</b></p>	<p><b>Titulo :</b>NAP_II: B4</p> <p><b>Descripcion :</b>Ubicación del NAP de Segundo Nivel: B4 que va a usar el hilo de fibra café</p> <p><b>Coordenadas :</b>            Latitud :0.6039897959693528            Longitud :-77.81017541885377</p> <p><b>Hilos:</b>            Color :Cafe            Numero :4</p> <p><b>Buffer:</b>            Color :            Numero :</p> <p><b>Puertos :</b>16</p> <p style="text-align: center;"><b>Edit</b></p>
a)	b)

*Nota.* a) Descripción y Ubicación de Armarios ópticos de segundo nivel: B3. b) Descripción y Ubicación de Armarios ópticos de segundo nivel: B4. Fuente: (RedFTTH, 2021)

En este caso, en la Figura 70 a) se puede observar las especificaciones para el Armario óptico de segundo nivel C1 y en la Figura 70 b) se puede observar las especificaciones para el Armario óptico de segundo nivel C2, ambos pertenecen al Armario óptico de primer nivel C.

### **Figura 70**

*Descripción y ubicación de los Armarios ópticos de segundo nivel C1 y C2*

<p><b>Titulo :</b>NAP_II: C1</p> <p><b>Descripcion :</b>Ubicación del NAP de Segundo Nivel: C1 que va a usar el hilo de fibra azul</p> <p><b>Coordenadas :</b>            Latitud :0.6062214436228958            Longitud :-77.81310439109804</p> <p><b>Hilos:</b>            Color :Azul            Numero :1</p> <p><b>Buffer:</b>            Color :            Numero :</p> <p><b>Puertos :</b>16</p> <p style="text-align: center;"><b>Edit</b></p>	<p><b>Titulo :</b>NAP_II: C2</p> <p><b>Descripcion :</b>Ubicación del NAP de Segundo Nivel: C2 que va a usar el hilo de fibra naranja</p> <p><b>Coordenadas :</b>            Latitud :0.6060026346547697            Longitud :-77.81418800354005</p> <p><b>Hilos:</b>            Color :Naranja            Numero :2</p> <p><b>Buffer:</b>            Color :            Numero :</p> <p><b>Puertos :</b>16</p> <p style="text-align: center;"><b>Edit</b></p>
a)	b)

*Nota.* a) Descripción y Ubicación de Armarios ópticos de segundo nivel: C1. b) Descripción y Ubicación de Armarios ópticos de segundo nivel: C2. Fuente: (RedFTTH, 2021)

De forma similar en la Figura 71 a) se puede observar las especificaciones para el Armario óptico de segundo nivel C3 y en la Figura 71 b) se puede observar las especificaciones para el Armario óptico de segundo nivel C4, ambos pertenecen al Armario óptico de primer nivel C.

### **Figura 71**

*Descripción y ubicación de los Armarios ópticos de segundo nivel C3 y C4*

<p><b>Titulo :</b>NAP_II: C3</p> <p><b>Descripcion :</b>Ubicación del NAP de Segundo Nivel: C3 que va a usar el hilo de fibra verde</p> <p><b>Coordenadas :</b>            Latitud :0.604746378343316            Longitud :-77.81429529190065</p> <p><b>Hilos:</b>            Color :Verde            Numero :3</p> <p><b>Buffer:</b>            Color :            Numero :</p> <p><b>Puertos :</b>16</p> <p style="text-align: center;"><b>Edit</b></p>	<p><b>Titulo :</b>NAP_II: C4</p> <p><b>Descripcion :</b>Ubicación del NAP de Segundo Nivel: C4 que va a usar el hilo de fibra café</p> <p><b>Coordenadas :</b>            Latitud :0.6037430226899546            Longitud :-77.81511068344118</p> <p><b>Hilos:</b>            Color :Cafe            Numero :4</p> <p><b>Buffer:</b>            Color :            Numero :</p> <p><b>Puertos :</b>16</p> <p style="text-align: center;"><b>Edit</b></p>
a)	b)

*Nota.* a) Descripción y Ubicación de Armarios ópticos de segundo nivel: C3. b)

Descripción y Ubicación de Armarios ópticos de segundo nivel: C4. Fuente: (RedFTTH, 2021)

Para ir finalizando, en la Figura 72 a) se puede observar las especificaciones para el Armario óptico de segundo nivel D1 y en la Figura 72 b) se puede observar las especificaciones para el Armario óptico de segundo nivel D2, ambos pertenecen al Armario óptico de primer nivel D.

### **Figura 72**

*Descripción y ubicación de los Armarios ópticos de segundo nivel D1 y D2*



*Nota.* a) Descripción y Ubicación de Armarios ópticos de segundo nivel: D1. b) Descripción y Ubicación de Armarios ópticos de segundo nivel: D2. Fuente: (RedFTTH, 2021)

Finalmente, de forma similar en la Figura 73 a) se puede observar las especificaciones para el Armario óptico de segundo nivel D3 y en la Figura 73 b) se puede observar las especificaciones para el Armario óptico de segundo nivel D4, ambos pertenecen al Armario óptico de primer nivel D.

### **Figura 73**

*Descripción y ubicación de los Armarios ópticos de segundo nivel D3 y D4*

**Titulo :**NAP\_II: D3

**Descripcion :**Ubicación del NAP de Segundo Nivel: D3 que va a usar el hilo de fibra verde

**Coordenadas :**  
 Latitud :0.6070646032166541  
 Longitud :-77.81379103660585

**Hilos:**  
 Color :Verde  
 Numero :3

**Buffer:**  
 Color :  
 Numero :

**Puertos :**16

**Edit**

a)

**Titulo :**NAP\_II: D4

**Descripcion :**Ubicación del NAP de Segundo Nivel: D4 que va a usar el hilo de fibra café

**Coordenadas :**  
 Latitud :0.6071504924338726  
 Longitud :-77.81285762786867

**Hilos:**  
 Color :Cafe  
 Numero :4

**Buffer:**  
 Color :  
 Numero :

**Puertos :**16

**Edit**

b)

*Nota.* a) Descripción y Ubicación de Armarios ópticos de segundo nivel: D3. b) Descripción y Ubicación de Armarios ópticos de segundo nivel: D4. Fuente: (RedFTTH, 2021)

**4.4.3.11. Descripción y ubicación de reservas de fibra óptica.** Las reservas de fibra óptica son ubicadas en cada punto de empalme, es decir, en los empalmes de Armarios ópticos de primer y segundo nivel.

De esta forma se puede observar la descripción en la Figura 74 a) sobre las reservas para el Armario óptico de primer nivel A y en la Figura 74 b) sobre las reservas para el Armario óptico de primer nivel B.

## Figura 74

*Descripción y ubicación de reserva de fibra óptica en Armarios ópticos de primer nivel:*

*A y B de red Feeder*

<p><b>Título :</b>Reserva Feeder: A</p> <p><b>Descripción :</b>Reserva de 30 metros en NAP de primer nivel: A. 15 metros antes y 15 metros después del empalme</p> <p><b>Coordenadas :</b>            Latitud :0.6081621710696548            Longitud :-77.80975577451831</p> <p style="text-align: center;"><b>Edit</b></p>	<p><b>Título :</b>Reserva Feeder: B</p> <p><b>Descripción :</b>Reserva de 30 metros en NAP de primer nivel: B. 15 metros antes y 15 metros después del empalme</p> <p><b>Coordenadas :</b>            Latitud :0.6069522994855034            Longitud :-77.81095384446003</p> <p style="text-align: center;"><b>Edit</b></p>
a)	b)

*Nota.* a) Descripción y ubicación de reserva de fibra óptica en Armarios ópticos de primer nivel: A de red Feeder. b) Descripción y ubicación de reserva de fibra óptica en Armarios ópticos de primer nivel: B de red Feeder. Fuente: (RedFTTH, 2021)

De igual manera se puede observar la descripción en la Figura 75 a) sobre las reservas para el Armario óptico de primer nivel C y en la Figura 75 b) sobre las reservas para el Armario óptico de primer nivel D.

## Figura 75

*Descripción y ubicación de reserva de fibra óptica en Armarios ópticos de primer nivel:*

*C y D de red Feeder*

<p><b>Título :</b>Reserva Feeder: C</p> <p><b>Descripcion :</b>Reserva de 30 metros en NAP de primer nivel: C. 15 metros antes y 15 metros después del empalme</p> <p><b>Coordenadas :</b>            Latitud :0.6056760896627643            Longitud :-77.81222761351869</p> <p style="text-align: center;"><a href="#">Edit</a></p>	<p><b>Título :</b>Reserva Feeder: D</p> <p><b>Descripcion :</b>Reserva de 30 metros en NAP de primer nivel: D. 15 metros antes y 15 metros después del empalme</p> <p><b>Coordenadas :</b>            Latitud :0.6063046941151741            Longitud :-77.81485969990086</p> <p style="text-align: center;"><a href="#">Edit</a></p>
a)	b)

*Nota.* a) Descripción y ubicación de reserva de fibra óptica en Armarios ópticos de primer nivel: C de red Feeder. b) Descripción y ubicación de reserva de fibra óptica en Armarios ópticos de primer nivel: D de red Feeder. Fuente: (RedFTTH, 2021)

Una vez que se ha descrito las reservas de los Armarios ópticos de primer nivel, de forma similar se puede observar la descripción en la Figura 76 a) sobre las reservas para el Armario óptico de segundo nivel A1 y en la Figura 76 b) sobre las

reservas para el Armario óptico de segundo nivel A2 que se enlazan al Armario óptico de primer nivel A.

### Figura 76

*Descripción y ubicación de Armarios ópticos de segundo nivel: A1 y A2 de red*

#### *Distribución*

<p><b>Título :</b>Reserva Distribución: A1</p> <p><b>Descripcion :</b>Reserva de aproximadamente 30 metros en NAP de segundo nivel: A1. Colocar la reserva em ambos lados del empalme</p> <p><b>Coordenadas :</b>            Latitud :0.6087032936367458            Longitud :-77.8099075819813</p> <p style="text-align: center;"><a href="#">Edit</a></p>	<p><b>Título :</b>Reserva Distribución: A2</p> <p><b>Descripcion :</b>Reserva de aproximadamente 30 metros en NAP de segundo nivel: A2. Colocar la reserva em ambos lados del empalme</p> <p><b>Coordenadas :</b>            Latitud :0.6101321996917369            Longitud :-77.80958564326416</p> <p style="text-align: center;"><a href="#">Edit</a></p>
a)	b)

*Nota.* a) Descripción y ubicación de reserva de fibra óptica en Armarios ópticos de segundo nivel: A1 de red Distribución. b) Descripción y ubicación de reserva de fibra óptica en Armarios ópticos de segundo nivel: A2 de red Distribución. Fuente: (RedFTTH, 2021)

Para complementar las reservar del nodo A, se puede observar la descripción en la Figura 77 a) sobre las reservas para el Armario óptico de segundo nivel A3 y en la Figura 77 b) sobre las reservas para el Armario óptico de segundo nivel A4 que se enlazan al Armario óptico de primer nivel A.

**Figura 77**

*Descripción y ubicación de Armarios ópticos de segundo nivel: A3 y A4 de red*

*Distribución*

<p><b>Título :</b>Reserva Distribución: A3</p> <p><b>Descripcion :</b>Reserva de aproximadamente 30 metros en NAP de segundo nivel: A3. Colocar la reserva em ambos lados del empalme</p> <p><b>Coordenadas :</b>            Latitud :0.6113032577546574            Longitud :-77.80937101745273</p> <p style="text-align: center;"><b>Edit</b></p>	<p><b>Título :</b>Reserva Distribución: A4</p> <p><b>Descripcion :</b>Reserva de aproximadamente 30 metros en NAP de segundo nivel: A4. Colocar la reserva em ambos lados del empalme</p> <p><b>Coordenadas :</b>            Latitud :0.6123370356810571            Longitud :-77.80963333803447</p> <p style="text-align: center;"><b>Edit</b></p>
a)	b)

*Nota.* a) Descripción y ubicación de reserva de fibra óptica en Armarios ópticos de segundo nivel: A3 de red Distribución. b) Descripción y ubicación de reserva de fibra óptica en Armarios ópticos de segundo nivel: A4 de red Distribución. Fuente: (RedFTTH, 2021)

De forma similar con el Armario óptico de primer nivel A, lo que respecta al Armario óptico de primer nivel B se puede observar la descripción en la Figura 78 a) sobre las reservas para el Armario óptico de segundo nivel B1 y en la Figura 78 b) sobre las reservas para el Armario óptico de segundo nivel B2 que se enlazan al Armario óptico de primer nivel B.

## Figura 78

*Descripción y ubicación de Armarios ópticos de segundo nivel: B1 y B2 de red*

*Distribución*

<p><b>Título :</b>Reserva Distribución: B1</p> <p><b>Descripcion :</b>Reserva de aproximadamente 30 metros en NAP de segundo nivel: B1. Colocar la reserva em ambos lados del empalme</p> <p><b>Coordenadas :</b>            Latitud :0.606717636717324            Longitud :-77.81188178576163</p> <p style="text-align: center;"><b>Edit</b></p>	<p><b>Título :</b>Reserva Distribución: B2</p> <p><b>Descripcion :</b>Reserva de aproximadamente 30 metros en NAP de segundo nivel: B2. Colocar la reserva em ambos lados del empalme</p> <p><b>Coordenadas :</b>            Latitud :0.6059602626286085            Longitud :-77.81180669986354</p> <p style="text-align: center;"><b>Edit</b></p>
a)	b)

*Nota.* a) Descripción y ubicación de reserva de fibra óptica en Armarios ópticos de segundo nivel: B1 de red Distribución. b) Descripción y ubicación de reserva de fibra óptica en Armarios ópticos de segundo nivel: B2 de red Distribución. Fuente: (RedFTTH, 2021)

Para complementar las reservar del nodo B, se puede observar la descripción en la Figura 79 a) sobre las reservas para el Armario óptico de segundo nivel B3 y en la Figura 79 b) sobre las reservas para el Armario óptico de segundo nivel B4 que se enlazan al Armario óptico de primer nivel B.

## Figura 79

*Descripción y ubicación de Armarios ópticos de segundo nivel: B3 y B4 de red*

*Distribución*

<p><b>Título :</b>Reserva Distribución: B3</p> <p><b>Descripcion :</b>Reserva de aproximadamente 30 metros en NAP de segundo nivel: B3. Colocar la reserva em ambos lados del empalme</p> <p><b>Coordenadas :</b>            Latitud :0.6054069640369407            Longitud :-77.81071747387055</p> <p style="text-align: center;"><b>Edit</b></p>	<p><b>Título :</b>Reserva Distribución: B4</p> <p><b>Descripcion :</b>Reserva de aproximadamente 30 metros en NAP de segundo nivel: B4. Colocar la reserva em ambos lados del empalme</p> <p><b>Coordenadas :</b>            Latitud :0.6040783024248292            Longitud :-77.81025539028454</p> <p style="text-align: center;"><b>Edit</b></p>
a)	b)

*Nota.* a) Descripción y ubicación de reserva de fibra óptica en Armarios ópticos de segundo nivel: B3 de red Distribución. b) Descripción y ubicación de reserva de fibra óptica en Armarios ópticos de segundo nivel: B4 de red Distribución. Fuente: (RedFTTH, 2021)

Para el Armario óptico de primer nivel C es el mismo proceso identificativo, donde se puede observar la descripción en la Figura 80 a) sobre las reservas para el Armario óptico de segundo nivel C1 y en la Figura 80 b) sobre las reservas para el Armario óptico de segundo nivel C2 que se enlazan al Armario óptico de primer nivel C.

## Figura 80

*Descripción y ubicación de Armarios ópticos de segundo nivel: C1 y C2 de red*

*Distribución*

<p><b>Título :</b>Reserva Distribución: C1</p> <p><b>Descripcion :</b>Reserva de aproximadamente 30 metros en NAP de segundo nivel: C1. Colocar la reserva em ambos lados del empalme</p> <p><b>Coordenadas :</b>            Latitud :0.6062986879529528            Longitud :-77.81316957376607</p> <p style="text-align: center;"><b>Edit</b></p>	<p><b>Título :</b>Reserva Distribución: C2</p> <p><b>Descripcion :</b>Reserva de aproximadamente 30 metros en NAP de segundo nivel: C2. Colocar la reserva em ambos lados del empalme</p> <p><b>Coordenadas :</b>            Latitud :0.6060676992418            Longitud :-77.8142534341138</p> <p style="text-align: center;"><b>Edit</b></p>
a)	b)

*Nota.* a) Descripción y ubicación de reserva de fibra óptica en Armarios ópticos de segundo nivel: C1 de red Distribución. b) Descripción y ubicación de reserva de fibra óptica en Armarios ópticos de segundo nivel: C2 de red Distribución. Fuente: (RedFTTH, 2021)

Para complementar las reservar del nodo C, se puede observar la descripción en la Figura 81 a) sobre las reservas para el Armario óptico de segundo nivel C3 y en la Figura 81 b) sobre las reservas para el Armario óptico de segundo nivel C4 que se enlazan al Armario óptico de primer nivel C.

## Figura 81

*Descripción y ubicación de Armarios ópticos de segundo nivel: C3 y C4 de red*

*Distribución*

<p><b>Título :</b>Reserva Distribución: C3</p> <p><b>Descripcion :</b>Reserva de aproximadamente 30 metros en NAP de segundo nivel: C3. Colocar la reserva em ambos lados del empalme</p> <p><b>Coordenadas :</b>            Latitud :0.604799947070467            Longitud :-77.81437147831006</p> <p style="text-align: center;"><b>Edit</b></p>	<p><b>Título :</b>Reserva Distribución: C4</p> <p><b>Descripcion :</b>Reserva de aproximadamente 30 metros en NAP de segundo nivel: C4. Colocar la reserva em ambos lados del empalme</p> <p><b>Coordenadas :</b>            Latitud :0.6037972049209646            Longitud :-77.81519778768404</p> <p style="text-align: center;"><b>Edit</b></p>
a)	b)

*Nota.* a) Descripción y ubicación de reserva de fibra óptica en Armarios ópticos de segundo nivel: C3 de red Distribución. b) Descripción y ubicación de reserva de fibra óptica en Armarios ópticos de segundo nivel: C4 de red Distribución. Fuente: (RedFTTH, 2021)

En el caso del Armario óptico de primer nivel D se da igualmente el proceso con los anteriores nodos, donde se puede observar la descripción en la Figura 82 a) sobre las reservas para el Armario óptico de segundo nivel D1 y en la Figura 82 b) sobre las reservas para el Armario óptico de segundo nivel D2 que se enlazan al Armario óptico de primer nivel D.

## Figura 82

*Descripción y ubicación de Armarios ópticos de segundo nivel: D1 y D2 de red*

*Distribución*

<p><b>Título :</b>Reserva Distribución: D1</p> <p><b>Descripcion :</b>Reserva de aproximadamente 30 metros en NAP de segundo nivel: D1. Colocar la reserva em ambos lados del empalme</p> <p><b>Coordenadas :</b>            Latitud :0.6072118990400156            Longitud :-77.81539095091435</p> <p style="text-align: center;"><b>Edit</b></p>	<p><b>Título :</b>Reserva Distribución: D2</p> <p><b>Descripcion :</b>Reserva de aproximadamente 30 metros en NAP de segundo nivel: D2. Colocar la reserva em ambos lados del empalme</p> <p><b>Coordenadas :</b>            Latitud :0.607485862336073            Longitud :-77.81474170783478</p> <p style="text-align: center;"><b>Edit</b></p>
a)	b)

*Nota.* a) Descripción y ubicación de reserva de fibra óptica en Armarios ópticos de segundo nivel: D1 de red Distribución. b) Descripción y ubicación de reserva de fibra óptica en Armarios ópticos de segundo nivel: D2 de red Distribución. Fuente: (RedFTTH, 2021)

Para complementar las reservar del nodo D, se puede observar la descripción en la Figura 83 a) sobre las reservas para el Armario óptico de segundo nivel D3 y en la Figura 83 b) sobre las reservas para el Armario óptico de segundo nivel D4 que se enlazan al Armario óptico de primer nivel D.

### Figura 83

*Descripción y ubicación de Armarios ópticos de segundo nivel: D3 y D4 de red*

*Distribución*

<p><b>Título :</b>Reserva Distribución: D3</p> <p><b>Descripcion :</b>Reserva de aproximadamente 30 metros en NAP de segundo nivel: D3. Colocar la reserva em ambos lados del empalme</p> <p><b>Coordenadas :</b>            Latitud :0.607125949767818            Longitud :-77.81387247329849</p> <p style="text-align: center;"><b>Edit</b></p>	<p><b>Título :</b>Reserva Distribución: D4</p> <p><b>Descripcion :</b>Reserva de aproximadamente 30 metros en NAP de segundo nivel: D4. Colocar la reserva em ambos lados del empalme</p> <p><b>Coordenadas :</b>            Latitud :0.6072226426989544            Longitud :-77.81293885101881</p> <p style="text-align: center;"><b>Edit</b></p>
a)	b)

*Nota.* a) Descripción y ubicación de reserva de fibra óptica en Armarios ópticos de segundo nivel: D3 de red Distribución. b) Descripción y ubicación de reserva de fibra óptica en Armarios ópticos de segundo nivel: D4 de red Distribución. Fuente: (RedFTTH, 2021)

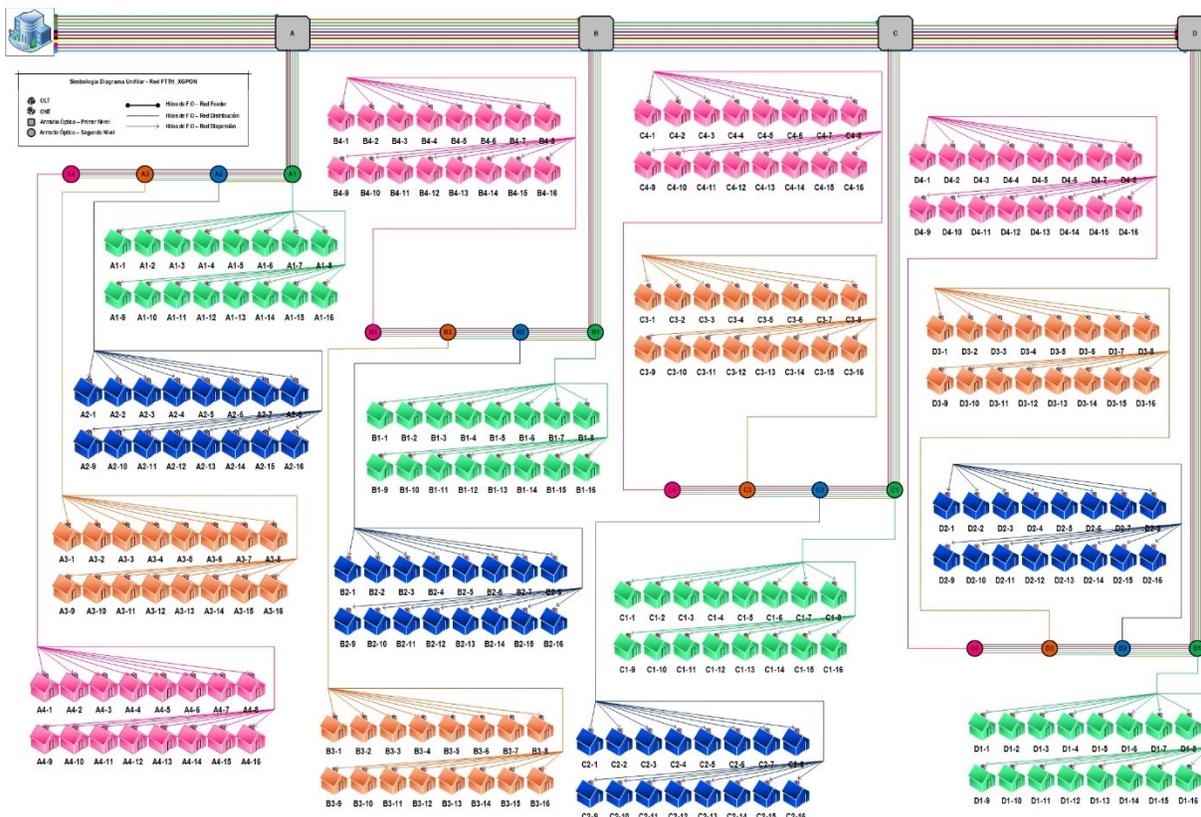
**4.4.3.12. Diagrama unifilar de la red óptica pasiva.** Una vez se ha establecido la ubicación de todos los elementos de la red óptica, su caracterización y detalle técnico, es importante dar a conocer el diagrama unifilar final de la red de fibra óptica. En la Figura 84 se puede observar el diagrama unifilar que permite

establecer una conexión entre ambos equipos activos desde la OLT hasta cada ONT final en el abonado.

El archivo del diagrama unifilar de la red de fibra óptica se encuentra adjunto en el Anexo D: Diagrama unifilar FTTH\_XGPON.

**Figura 84**

*Diagrama unifilar de la red de fibra óptica - FTTH\_XGPON*



Fuente: Autoría Propia

**4.4.3.13. Identificativos de cada elemento de la red óptica.** Antes de hacer la entrega del diseño final de la red de fibra óptica, se debe indicar ciertos parámetros de identificación sobre el diseño final, para lo cual en la Tabla 27 se muestran la

simbología de los elementos que conforman la red FTTH en el software RedFTTH para el diseño final.

**Tabla 27**

*Simbología de la red óptica para el diseño final de la red FTTH*

<b>Simbología de la red óptica</b>	
Elemento	Símbolo
OLT	
NAP primer nivel	
NAP segundo nivel	
Reserva	
Red Feeder	
Red Distribución A	
Red Distribución B	
Red Distribución C	
Red Distribución D	

Fuente: Autoría propia

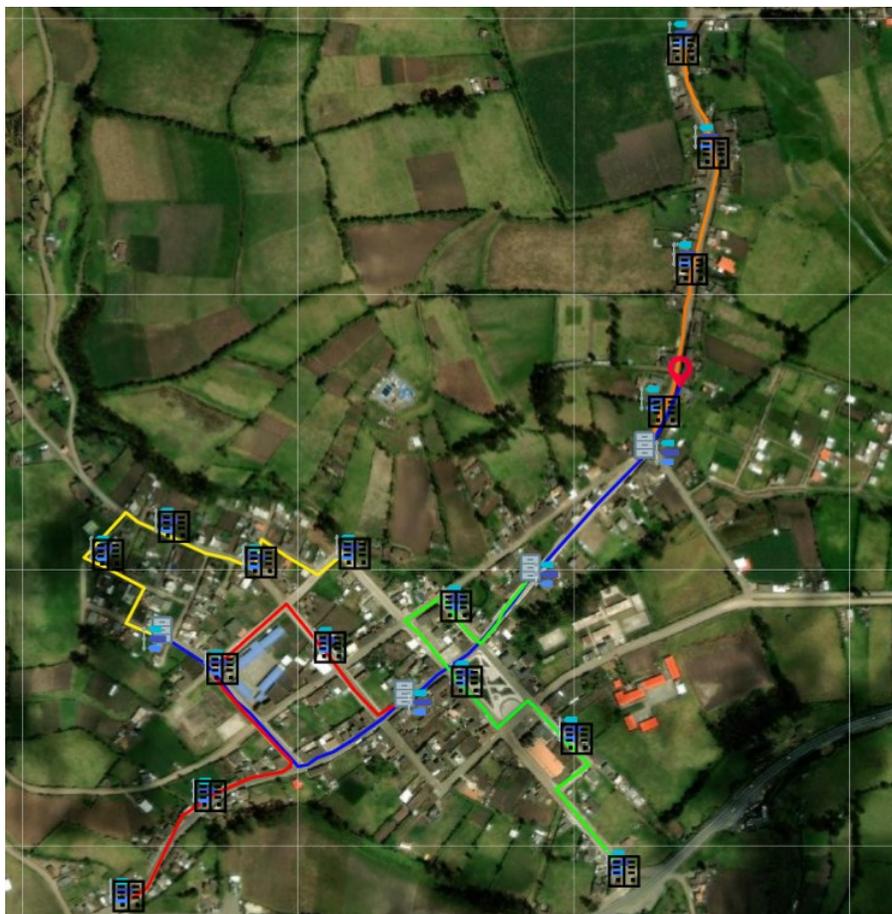
**4.4.3.14. Diseño final y ubicación geográfica de la red óptica.** El software RedFTTH permite representar el diseño de la red óptica usando tres tipos de mapas geográficos.

En la Figura 85 se indica el diseño final de la red óptica usando el mapa geográfico donde se indica la zona de estudio usando una vista aérea de los relieves y

límites territoriales de los barrios San Miguel y San Vicente. Como se observa el diseño de la red óptica es básicamente una línea troncal para la red Feeder que tiene terminación en el barrio San Miguel, cabe mencionar que la última terminación es donde existe mayor cantidad de residentes de ambos barrios.

### Figura 85

*Diseño final de la red de fibra óptica para los barrios San Miguel y San Vicente - Mapa geográfico.*



Fuente: (RedFTTH, 2022)





Una vez se tiene el diseño final de la red de fibra óptica para la arquitectura FTTH y usando la tecnología XG-PON, es muy importante conocer las características operativas de cada elemento activo y pasivo que conforman la red óptica, es decir, para el diseño final se sigue un proceso coherente del cual se obtenga el diseño de red óptica más factible. Dicho proceso empieza por los requerimientos del diseño, después los criterios de diseño, luego se obtiene los cálculos teóricos que permiten obtener el mejor escenario para el diseño de la red óptica, y una vez se tiene estos cálculos se puede realizar el diseño final. Sin embargo, el diseño final debe ser corroborado en su funcionalidad aparte del análisis matemático que se realizó. La forma de corroborar este diseño factible de la red óptica, es analizando y obteniendo las características técnicas y costos de todos los equipos activos y pasivos que deberían usarse en la red óptica, ya que este enfoque permite tener dos perspectivas muy importantes para la entrega del diseño de la red.

El primer aporte es que en base al análisis de características técnicas de los equipos se puede obtener los mejores componentes para una máxima eficiencia de la red óptica y que a partir del listado de estos equipos se pueda calcular un presupuesto referencial de los equipos que servirán para realizar el correcto análisis financiero del proyecto.

El segundo enfoque es que, según las características técnicas de los equipos de la red óptica, usar estas especificaciones para incluirlas en la simulación de la red, donde el principal objetivo es corroborar el funcionamiento de la red de forma simulada ya que la implementación de la red no es el objetivo de la presente investigación. Sin embargo, simular la red óptica con las características técnicas reales de cada equipo brinda un criterio muy coherente del comportamiento que tendrá la red y su eficiencia tanto del aporte funcional del servicio de Internet como del aporte económico que se refleja como ingresos a la empresa.

#### ***4.4.4. Especificaciones técnicas y costos de los equipos que conforman la red FTTH para tecnología XG-PON***

Como bien se mencionó en el apartado anterior, en este punto del presente capítulo, se va a analizar las características técnicas de todos los elementos que conforman la red óptica, para lo cual según los requerimientos de la tecnología XG-PON se deben seleccionar los mejores equipos para una máxima eficiencia de la red óptica tal y como se establece en la Unión Internacional de Telecomunicaciones - Recomendación UIT-T G.987.2 (2020), y además una vez que se han seleccionado los mejores componentes para la red FTTH se debe analizar los costos de los mismos elementos, este último apartado servirá como base para el estudio financiero del proyecto que se abordará en el capítulo 5 de la presente investigación.

Antes de comenzar a explicar las especificaciones técnicas de los equipos activos como son la OLT y la ONT, se da a conocer el criterio por el cual se ha escogido los equipos de la OLT y ONT mencionados a continuación. El autor de la presente investigación realizó en primera instancia una búsqueda de proveedores o fabricantes de equipos activos para redes de fibra óptica, por lo que se pudo encontrar el sitio web ‘TELECOMATE’ el cual es una tienda en línea que ofrece equipos activos para redes de fibra óptica como OLT, ONT, Routers entre otros a nivel mundial. Esta tienda en línea posee asesores de venta para el habla hispana, por lo que el segundo paso que realizó el autor de la investigación fue contactarse con un asesor comercial de TELECOMATE, para lo cual es necesario registrarse en su página web y comunicarse con un asesor de ventas mediante correo electrónico.

Se logró establecer la comunicación con el asesor de ventas para habla hispana, al cual se le manifestó el interés por adquirir una OLT y ONT que cumpla los requerimientos para la red

óptica según lo indica la tecnología XG-PON. Es así, que el asesor comercial, recomendó en su experiencia en el diseño e implementación de redes de fibra óptica, usar según los criterios de diseño una OLT modelo MA5800-X2 de la marca Huawei con una tarjeta óptica modelo H901XGHD de 8 puertos XG-PON marca Huawei y una ONT modelo HN8546X de la misma marca de Huawei que soporta tecnología XG-PON. Esto debido a que estos equipos son los adecuados para usar en el diseño de la red óptica debido a que cumplen exclusivamente los requisitos de diseño. En otras palabras, cumple con los requerimientos de tecnología XG-PON suficientes para el correcto funcionamiento de la red optimizando sus recursos de equipamiento y de costos.

Explicado este aspecto, se procede a analizar las características técnicas de los equipos activos como son la OLT conjuntamente con la tarjeta óptica requerida y la ONT para el diseño de la red XG-PON.

**4.4.4.1. Especificaciones técnicas y costo de equipo – OLT.** La OLT es el principal equipo de la red FTTH, esto se debe exclusivamente que la red al ser diseñada para la tecnología XG-PON, se debe seleccionar la mejor OLT que cumpla con los requerimientos técnicos de acuerdo a la normativa UIT-T G.987.2. Sin embargo, un enfoque muy coherente es saber las capacidades que posee la tecnología XG-PON.

Como se va a diseñar la red para un total de 256 potenciales abonados y se va a usar una red Feeder de 12 hilos, de los cuales 4 hilos de fibras ópticas serán usados para dar servicio de Internet a los abonados y los 8 hilos restantes serán de reserva, la principal condición es seleccionar una OLT que brinde al menos 64 líneas ópticas por

puerto PON. La OLT Huawei MA5800-X2 AC cumple estos requerimientos, esto se debe a que es una OLT que soporta las capacidades de la tecnología XG-PON y adicionalmente es una OLT que puede ser modificable en sus tarjetas operativas, que para el efecto de los requerimientos de la red óptica diseñada resulta lo más ideal la versión X2 de la OLT Huawei MA5800. El objetivo de seleccionar la mejor OLT es optimizar costos de inversión sin que afecte la factibilidad y eficiencia de la red óptica.

En la Figura 89 se puede observar la OLT que se requiere para el diseño de la red óptica. Como el diseño es bajo la subcategoría XG-PON1, existen varios tipos de tarjetas para el tablero incluidas las XG-PON1 que son montables en la OLT como se indica en la Figura 88, las cuales son:

- GPON Board:
  - H901GPHF: 16-port GPON OLT placa de interfaz
  - H901GPUF: 16-port GPON OLT placa de interfaz
  - H901GPSF: 16-port GPON OLT placa de interfaz
- XG-PON Board:
  - H901XGHD: 8-port XG-PON OLT placa de interfaz
  - H901XGSF: 16-port XG-PON OLT placa de interfaz
- XGS-PON Board:
  - H901XSHF: 16-port XGS-PON OLT placa de interfaz
  - H902XSHD: 8-port XGS-PON OLT placa de interfaz

**Figura 88**

*Puertos de tarjetas montables de OLT MA5800-X2*

3	Control board	4	Control board	Power board	0	Fan tray
1	Service board					
2	Service board					

Fuente: (TELECOMATE, 2022)

**Figura 89**

*OLT marca Huawei y modelo MA5800-X2 montables para tarjetas ópticas*



Fuente: (TELECOMATE, 2022)

Este parámetro de la placa de interfaz es el necesario implementar en la OLT ya que debe cumplir con los requerimientos del diseño de la red óptica bajo la tecnología XG-PON. En la Figura 90 se observa la placa óptica para tablero XG-PON de 8 puertos, más adelante se explicará la razón de escoger una OLT con placa de 8 puertos XG-PON.

**Figura 90**

*Tarjeta óptica modelo H901XGHD de la marca Huawei de 8 puertos XG-PON*



Fuente: (Thunder Link International Co. Ltd., 2022)

La principal razón de escoger una OLT con la tarjeta de 8 puertos es debido a la cantidad de abonados máximos a los cuales se va a brindar servicio que es de 256 potenciales clientes según el diseño establecido, de este modo como la placa óptica permite un máximo de 1024 abonados, lo recomendable según el fabricante es un nivel de splitteo de 1:64 en cada puerto de la placa óptica, por lo que con una placa

H901XGHD bastaría para el dimensionamiento de la red usando 4 puertos en total y dejando los otros 4 puertos como reservas para la red óptica, sin embargo, como la OLT permite usar 2 slots para la tarjeta óptica, el otro slot se lo ocupara para una segunda tarjeta óptica con la finalidad de que sirva de backup en caso de que se tuviera problemas técnicos con la tarjeta óptica principal, es decir que funcionalmente no va a estar operativa pero va a estar montada en la OLT. En la Figura 91 se observa la única placa de 8 puertos montada en la OLT.

### Figura 91

*OLT MA5800-X2 con tarjeta óptica H901XGHD montada para 8 puertos XG-PON*



Fuente: Asesor de ventas - TELECOMATE (2021)

En la Tabla 28 se indica las especificaciones técnicas para la OLT del modelo MA5800-X2 de la marca Huawei.

**Tabla 28***Especificaciones Técnicas para la OLT modelo MA5800-X2*

<b>Especificaciones Técnicas para la OLT MA5800-X2</b>	
Características	Artículo: MA5800-X2
Capacidad de conmutación del sistema	480 Gbit/s
Ancho de banda máximo por ranura	H901MPSC: 80 Gbit/s
Número máximo de direcciones MAC	262144
Número máximo de entradas de enrutamiento/ARP	65536
Número máximo de usuarios de video 4K simultáneos	2000
puertos GPON	32
Puertos XG-PON	32
Puertos XGS-GPON	dieciséis
Puertos GE/FE	96
puertos 10GE	dieciséis
Gabinete apoyado	N63E-22
Tablero compatible	
Tarjeta de alimentación	
H901PISA	Proporciona una entrada de CC de -48 V
H901PISB	Proporciona una entrada de alimentación de CA y admite batería para respaldo de energía.
Tablero de monitoreo de ventilador	
H901FMSA	Proveedor de energía para los aficionados; controla y monitorea los ventiladores
Dimensiones (An. x Pr. x Al.) (mm)	2 U de alto y 19 pulgadas de ancho 442 mm x 268,7 mm x 88,1 mm
	Incluye soportes de montaje IEC: 482,6 mm x 268,7 mm x 88,1 mm
	Incluye soportes de montaje ETSI: 535 mm x 268,7 mm x 88,1 mm
Peso máximo (incluidos los soportes de montaje)	9,4 kg
Corriente máxima de entrada	8A
Fuente de alimentación	Rango de voltaje de trabajo: 100 V a 240 V

	Tensión nominal: 110 V/220 V
Temperatura ambiente	-40 °C a +65 °C El MA5800 puede arrancar a una temperatura mínima El MA5800 puede arrancar a una temperatura mínima de -25 °C y funcionar a -40 °C. La temperatura de 65 °C se refiere a la temperatura más alta medida en la ventilación de entrada de aire del bastidor auxiliar de servicio.
Humedad ambiental	5 % de HR a 95 % de HR

Fuente: (TELECOMATE, 2022)

En la Tabla 29 se indica las especificaciones técnicas de la tarjeta óptica para XG-PON1 del fabricante Huawei.

**Tabla 29**

*Especificaciones Técnicas para tarjeta óptica modelo H901XGHD*

<b>Especificaciones Técnicas para tarjeta óptica modelo H901XGHD</b>	
Características	Artículo: H901XGHD
	Puerto de servicio
Puerto	8
Capacidad de reenvío	40 Gbit/s
Modo de tarifa	Tasa asimétrica
T-CONT por placa PON	1024
Flujos de servicio por placa PON	16376
Tamaño máximo de marco	2052 bytes
Número máximo de direcciones MAC	9216 bytes (marco gigante habilitado)
Diferencia de distancia máxima entre dos ONU bajo el mismo puerto PON	131072
FEC	40km
grupo de coches	bidireccional
HQoS	Soportado
OMCI de longitud variable	Soportado
Modelado basado en ONU o modelado basado en cola	Soportado
Protección tipo B (recogida dual)	Soportado
Protección tipo B (single-homing)	Soportado

1588v2	Soportado
Detección y aislamiento de ONT no autorizados	Soportado
Apagado automático a alta temperatura	Soportado
Ahorro de energía para tableros de servicio	Soportado
D-CCAP	Soportado
Especificación del módulo GPON SFP	
Escribe	Módulo N1: módulo óptico bidireccional de una fibra, N1 Módulo N2a: módulo óptico bidireccional de una fibra, N2a
Longitud de onda operativa	N1/N2a: Transmisión: 1577nm Rx: 1270nm
Tipo de encapsulación	SFP+
Tasa de puerto	N1/N2a: Tx: 9.953 Gbit/s Rx: 2.488 Gbit/s
Potencia óptica de salida mínima	Módulo N1: 2 dBm Módulo N2a: 4 dBm
Potencia óptica de salida máxima	Módulo N1: 6 dBm Módulo N2a: 8 dBm
Sensibilidad máxima del receptor	Módulo N1: -27,5 dBm Módulo N2a: -29,5 dBm
Tipo de conector óptico	SC
Tipo de fibra óptica	Modo singular
Sobrecarga de potencia óptica	Módulo N1: -7 dBm Módulo N2a: -9 dBm
Relación de extinción	N1/N2a: 8,2dB
Especificaciones del dispositivo	
Dimensiones (An. x Pr. x Al.)	23,30 mm * 257,90 mm * 399,20 mm
Consumo de energía y tamaño máximo de marco	
El consumo de energía	Estático: 42 W Máximo: 61W
Temperatura de funcionamiento	-40°C a +65°C

Fuente: (TELECOMATE, 2022)

**4.4.4.2. Especificaciones técnicas y costos de equipo – ONT.** Como bien lo indica Huawei Technologies Co., Ltd. (2022), existen varios tipos de ONT para tecnologías 10G-PON o también conocido como XG-PON. En la Tabla 30 se indican los tipos de ONT para 10G-PON.

**Tabla 30**

*ONT para 10G-PON existentes en el mercado según el proveedor Huawei*

<b>Modelos de ONT para 10G-PON</b>		
EchoLife HN8055Q	EchoLife HN8140	EchoLife HN8145V5
EchoLife HN8240	EchoLife HN8245Q	EchoLife HN8245Qs
EchoLife HN8250Ts	EchoLife HN8250Ts-R	EchoLife HN8254
EchoLife HN8255Ws	EchoLife HN8346V5	EchoLife HN8546V5
OptiXstar HN8010Ts	OptiXstar HN8145X6Ns	OptiXstar HN8145X6v
OptiXstar HN8245X6s-8N		

Fuente: (Huawei Technologies Co., Ltd. , 2022)

El modelo que se va a seleccionar es el OptiXstar HN8546X6 debido a que es un modelo muy comercial y que cumple con los requerimientos de la tecnología XG-PON tanto para sus longitudes de onda de operación como de sus potencias según las clases de XG-PON. En la Figura 92 se puede observar el equipo que se requiere para la red XG-PON.

**Figura 92**

*ONT de marca Huawei y modelo HN8546X6 para requerimientos de tecnología XG-PON*



Fuente: (TELECOMATE, 2022)

En la Tabla 31 se indican sus especificaciones técnicas para esta ONT, las cuales cumplen los requerimientos para la tecnología XG-PON.

**Tabla 31**

*Especificaciones técnicas para ONT modelo HN8546X6*

<b>Especificaciones técnicas para ONT modelo HN8546X6</b>	
Item	HN8546X6
Ambiente de trabajo	Temperatura de funcionamiento: 0°C a 40°C Humedad ambiental: 5% a 95% (sin condensación)
máx. el consumo de energía	18W
Especificaciones de potencia	Entrada del adaptador de corriente: 170 ~ 240 V CA, 50/60 Hz Fuente de alimentación del sistema: 11 ~ 14 V CC, 1,5 A
WiFi	IEEE 802.11b/g/n/ax(2.4G) IEEE 802.11a/n/ac/ax(5G) 2 × 2 MIMO (2,4G y 5G) Ganancia de antena: 5 dBi WMM/Múltiples SSID/WPS
Puerto del lado de la red	Tasa de interfaz aérea: 574 Mbit/s (2.4G), 2402 Mbit/s (5G) XG-PON: Clase N2a
Puertos del lado del usuario	1 x POTS + 4 x GE + 2 x USB + 2.4G/5G 11ax Wi-Fi 6
Indicadores	ENCENDIDO/REG/PON/LAN 1-4/TELÉFONO/USB/WLAN/WPS
Dimensiones (largo x ancho x alto)	40 mm x 185 mm x 120 mm
Peso	alrededor de 0,5 kg

Fuente: (TELECOMATE, 2022)

Ahora bien, una vez se sabe las especificaciones técnicas de la OLT, la tarjeta óptica y la ONT, es necesario cotizar el precio de estos equipos acorde a los requerimientos para la red de fibra óptica, como bien se indicó no existe una OLT que tenga únicamente una tarjeta óptica de 8 puertos en el mercado y que cumplan netamente con estas necesidades, por lo que se debe buscar una OLT que incluya la placa para XG-PON1 y ninguna otra más.

Es así que el autor de la presente investigación se puso en contacto mediante correo electrónico con un Asesor de ventas - TELECOMATE (2021) para la comunidad de habla hispana de la tienda en línea ‘telecomate’ que ofrece productos de hardware como son OLT, ONT, ONU, SFP, switch, Router, DWDM, entre otros como bien lo indica TELECOMATE (2021) en su portal web.

La principal razón de realizar esta cotización es que tanto la OLT como la ONT deben cumplir las especificaciones de la tecnología XG-PON para lo cual el asesor de ventas brindó la información necesaria de los precios para la OLT y ONT según los requerimientos mencionados anteriormente. En la Tabla 32 se ve el precio de la OLT modelo ‘MA5800-X2 AC’ de 8 puertos que incluye las 2 tarjetas ópticas modelo ‘H901XGHD’ y la ONT de modelo ‘HN8546X6’ siendo todos los dispositivos de la marca Huawei. Estos precios son los que se han cotizado y se han dado a conocer al autor de la presente investigación por parte del asesor de ventas.

**Tabla 32**

*Costos totales de OLT y ONT para el diseño de la red óptica XG-PON*

<b>Costos totales de OLT y ONT</b>					
Modelo del ítem	Descripción de equipos	Precio unitario	Cantidad	Costo por equipos	Costo total
MA5800-X2	MA5800-X2 con enlace ascendente 10G, alimentación de CA + 2 tarjetas ópticas XGSPON clase N1 de 8 puertos	\$2820.00	1	\$3860.00	\$15380.00
HN8546X6	ONT XG-PON, 4GE+2USB+1POT, 2.4G y 5G Wi-Fi 6	\$45.00	256	\$11520.00	

Fuente: Asesor de ventas - TELECOMATE (2021)

Los costos de los equipos activos se pueden evidenciar en el Anexo E donde se indican las cotizaciones de todos estos equipos activos, que como bien se detalló anteriormente son precios otorgados por los asesores de ventas de la empresa TELECOMATE. Inicialmente solo se consideró usar una única tarjeta óptica por lo que la cotización de los equipos activos tiene un costo inicial, sin embargo, luego se ve conveniente usar una segunda tarjeta óptica para la OLT por lo que se realiza la cotización para esta placa y dicho valor se suma al costo inicial obtenido así un valor total de la OLT con las 2 tarjetas ópticas y conjuntamente con las 256 ONT.

Ahora bien, una vez que se detalló el proceso de selección de la OLT y la ONT, se debe explicar de igual manera el criterio que se usó para la selección de todos los equipos pasivos mencionados a continuación.

Al igual que los equipos activos, el autor de la presente investigación realizó en primera instancia la búsqueda de proveedores o fabricantes de componentes pasivos para arquitecturas FTTH que cumplan con los requerimientos de la tecnología XG-PON. Para lo cual se obtiene la información de venta de la empresa fabricante de equipos pasivos para redes de fibra óptica denominada 'Keynet Systems', la cual es una empresa internacional que se caracteriza por fabricar todos los elementos pasivos para redes de fibra óptica y cableado estructurado según las necesidades de los clientes, es decir, que según los requerimientos que solicite los clientes o compradores la empresa fabrica ese tipo de componentes tanto para tecnología G-PON como XG-PON, lo que indica que Keynet Systems es un proveedor que ofrece una gran variedad de equipos personalizados para cada tipo de red óptica según lo solicite el cliente.

De esta forma, el segundo paso que se realizó fue registrarse en el sitio web de la empresa, debido a que de esta forma se puede obtener la información sobre el catálogo de

productos y el catálogo de precios de cada componente. El autor se registró y procedió a descargar el catálogo de productos y de precios de la empresa proveedora y este aspecto fue el que se utilizó para seleccionar adecuadamente cada componente de la red óptica.

Keynet Systems en su catálogo ofrece variedad de productos personalizados que garantizan la funcionalidad de la red ópticas usando equipos pasivos que cumplan los requerimientos, en este caso de la tecnología XG-PON a un costo accesibles para el cliente. Adicionalmente, al registrarse en el sitio web de Keynet Systems se pudo obtener la ficha técnica de cada equipo a usar en la red óptica.

Es así que, de esta manera, el autor usó netamente los catálogos de productos y de tarifas o precios del año 2020 que ofrece Keynet Systems para la selección de cada componente pasivo siendo el del 2020 el actual que la empresa ofrece en su sitio web. La razón de explicar el uso de los catálogos para la selección de cada componente se debe a que existe una gran variedad de equipos pasivos y que cumplen muchos criterios de requisitos de diseño para redes ópticas, por lo que analizar cada componente pasivo a usar en el diseño de la red XG-PON es fundamental para obtener equipos que optimicen recursos de equipamiento y de costos.

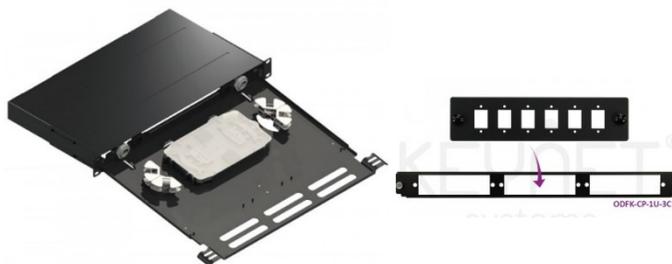
A continuación, se explica detalladamente cada equipo que se seleccionó para usar en el diseño de la red óptica, y también se dan a conocer las especificaciones técnicas que describen el fabricante Keynet Systems en cada componente según la ficha técnica obtenida. Adicionalmente y de la mano de la selección de los equipos pasivos se dan a conocer los costos de cada uno de ellos tal y como lo ofrece Keynet Systems en su catálogo de tarifas o precios. Cabe mencionar en este punto que se debe hacer la conversión de Euro a Dólar Americano siendo a la fecha la equivalencia de 1 Euro a 1.14 Dólar Americano.

**4.4.4.3. Detalles técnicos y costo de equipo – ODF.** La selección del mejor ODF es el que vaya acorde a las necesidades de la red, es decir, como la OLT tiene conexión con 4 hilos de fibra óptica, es necesario usar un ODF que cumpla con ese requerimiento, por tal razón se va a armar el ODF según las necesidades tal y como lo permite la empresa Keynet Systems.

Se va hacer uso de la bandeja modelo ‘ODFK-C-1U’, a esta bandeja se le selecciona el frontal del modelo ‘ODFK-CP-1U-3C’ que posee una capacidad de 3 paneles para montar los mini frontales en cada panel cuyo modelo es ‘ODFK-C-3C-6SCSLCD’, en cada mini frontal se tiene un total de 6 acopladores del tipo SC-APC, y como se va a usar dos paneles frontales, es necesario usar un mini frontal ciego para cubrir el otro panel que no se va a usar, el mini frontal ciego es del modelo ‘ODFK-C-3C-BLK’. Dicho esto, se tiene armado el ODF para el requerimiento de la red óptica, en la Figura 93 se ve el ODF y sus componentes que se van a usar.

### Figura 93

*ODF armado para fusiones de cable de fibra de red Feeder para 8 hilos*



Fuente: (Keynet Sistemas Profesionales, 2019)

Una vez se ha establecido el modelo del ODF a usar, se debe calcular el costo total debido a que el ODF seleccionado se conforma por 3 partes con precios propios de cada elemento. En la Tabla 33 se ve el costo total.

**Tabla 33**

*Costos totales de ODF armado para el diseño de la red óptica XG-PON*

<b>Costos totales de ODF</b>			
Elemento del ODF	Modelo	Costo unitario	Costo total
Bandeja	ODFK-C-1U	\$105.84	
Frontal	ODFK-CP-1U-3C	\$21.66	\$142.39
2 Mini frontal	ODFK-C-3C-6SCSLCD	\$5.14	
1 Frontal ciego	ODFK-C-3C-BLK	\$4.61	

Fuente: Autoría propia

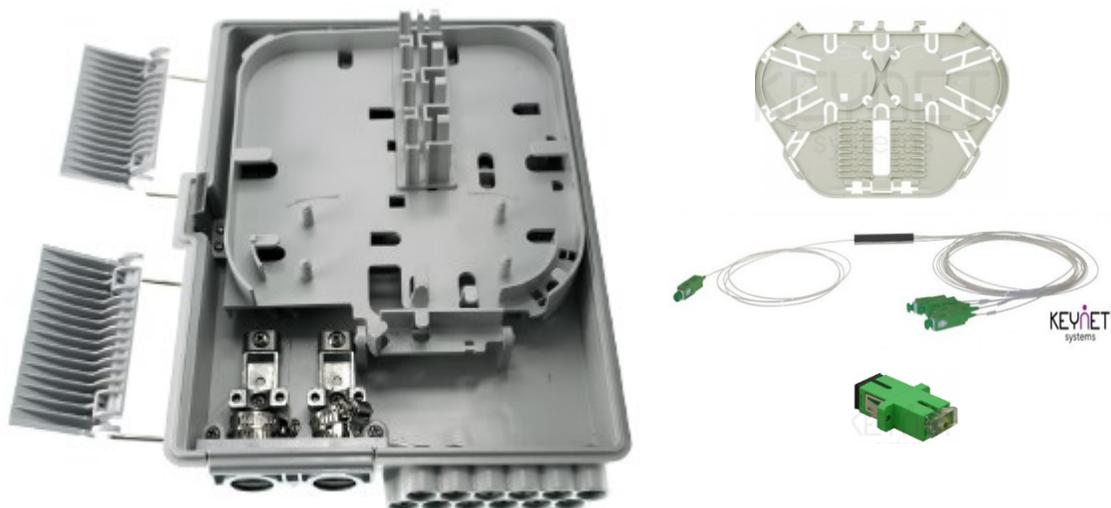
#### **4.4.4.4. Especificaciones técnicas y costo de equipo – Armarios ópticos**

**1L.** Lo que respecta a este elemento pasivo son las mangas o cajas de empalme donde se realiza el primer nivel de splitteo de la red Feeder a la red Distribución. De esto modo como es apenas el primer nivel y no se da acceso a ningún cliente, dentro de este Armario óptico de primer nivel se realiza el sangrado del cable de fibra de la red Feeder y se aloja el splitter que para este diseño es de 1:4.

Para seleccionar este elemento se va a hacer uso del documento de catálogo de la empresa Keynet Sistemas Profesionales (2019), y acorde a este catálogo se va hacer uso del ‘FDO-3012-A’ que posee una capacidad máxima de 12 fusiones lo que es suficiente para la capacidad de la red y el splitter 1:4 que se requiere usar en los Armarios ópticos de primer nivel. En la Figura 94 se observa este Armario óptico de primer nivel.

**Figura 94**

*Armarios ópticos de primer nivel que incluye la bandeja de fusión, el splitter 1:4 y los conectores SC-APC*



Fuente: (Keynet Sistemas Profesionales, 2019)

En la Tabla 34 se puede observar sus especificaciones técnicas para este Armario óptico de primer nivel.

**Tabla 34**

*Especificaciones Técnicas del Armario óptico FDO-3012-A*

<b>Especificaciones Técnicas del Armario óptico FDO-3012-A</b>	
Características de construcción	
Material de fabricación	PC + ABS - UL 94V-0
IP	65
Tapa	Abatible lateral derecho mediante bisagras
Sistema de cierre	2 solapas + 4 horquillas metálicas + llave
Entrada	Mid-span 2 x ø 16mm - Cables 6 a 12 mm ø

Puertos entrada	Fijación	2 bridas metálicas + tensor
	Toma de tierra	Sí
Salidas acometidas	Salida	12 x ø4 mm (máx. cable)
	Sellado puertos	Grommets
Bandeja para empalmes de fibra		1 x 24 (fusión)
Capacidad total de empalmes		24 (Doble altura)
Capacidad para splitters PLC		2
Guía enrutar fibra		Integrada en bandeja + tubo guía
Radio curvatura		55mm
	Ancho	195 mm
	Largo	255 mm
Dimensiones caja	Fondo	80 mm
	Peso	900 gr
	Color	Gris
Elementos adicionales		
	Fijación a pared	4 tornillos M6 + 4 tacos M8
	Fijación a poste	Adaptador para poste
	Sujeción cableada	2 bridas nylon + 1 soporte adhesivo
Protector termos-retráctiles empalmes		12 ud
	Llave	2
	Prensaestopa	2 x PG19 (ø 23.7mm), cable ø 12-16mm
	Tubo guía fibras	2 ud. øext. 5mm - øint. 3.2mm longitudes 18 y 25cm.
	Características internas	
	Bandeja soporte	FDO-3012-BCAS
	Entrada / Salidas del splitter	1/8

Fuente: (Keynet Sistemas Profesionales, 2019)

Un aspecto importante mencionar es que el costo total de \$65.33 por cada Armario óptico de primer nivel incluye los costos de un divisor óptico de 1:4 modelo ‘SOP-B14-SA-SH2’, la bandeja de empalme modelo ‘ELT-A2’ para 9 fusiones y los 8 acopladores máximos SC-APC modelo ‘TA-SA207-S-BX’ que se permite colocar en el Armario óptico. En la Tabla 35 se indica el costo total de los 4 Armarios ópticos de primer nivel.

**Tabla 35**

*Costos totales de Armarios ópticos de primer nivel para el diseño de la red óptica XG-PON*

<b>Costos totales de Armario óptico I</b>					
Elemento de Armario óptico I	Modelo	Costo unitario de elementos	Costo de Armario óptico I	# de Armarios ópticos I	Costo total de unidades
Armario óptico I	FDO-3012-A	\$39.62			
Divisor óptico SC-APC	SOP-B14-SA-SH2	\$22.33			
Bandeja de empalme	ELT-A2	\$2.81	\$65.33	4	\$261.32
Acoplador SC-APC	TA-SA207-S-BX	\$0.57			

Fuente: Autoría propia

#### **4.4.4.5. Especificaciones técnicas y costo de equipo – Armarios ópticos**

**2L.** De igual forma que para los Armarios ópticos de primer nivel, para las cajas de segundo nivel se debe analizar la finalidad de estas cajas de empalme, es decir, como ya son las últimas cajas antes de llegar al acceso a la ONT en el domicilio del cliente, no hay la necesidad de dejar reservar para futuras fusiones, ya que el máximo tomando en cuenta el segundo nivel de splitteo es de 1:16 abonados por línea óptica de la red Distribuida.

También para seleccionar este elemento se va a hacer uso del documento de catálogo de la empresa Keynet Sistemas Profesionales (2019), y acorde a este catálogo se va hacer uso del ‘FDO-4016B-116SA’ que posee una capacidad máxima de 16 fusiones en 1 única bandeja de empalme lo que es suficiente para la capacidad

de la red y el splitter 1:6 que se requiere usar en los Armarios ópticos de segundo nivel. Cabe mencionar que este Armario óptico se la adquiere conjuntamente con un splitter de 1:16 y los 16 acopladores SC-APC, esto se debe básicamente a que su costo que ofrece el proveedor es más económico respecto a la compra por separados de los elementos que conforman el Armario óptico de segundo nivel, es decir, el Armario óptico, splitter, acopladores y bandeja de empalme adquirirlos por separado lo cual aumenta su precio. La mejor opción es adquirirlo en conjunto como lo oferta el proveedor. En la Figura 95 se observa este Armario óptico de segundo nivel en conjunto con todos los elementos implementados.

### Figura 95

*Armarios ópticos de segundo nivel que incluye la bandeja de fusión, el splitter 1:16 y los conectores SC-APC*



Fuente: (Keynet Sistemas Profesionales, 2019)

En la Tabla 36 se puede observar únicamente las especificaciones técnicas para el Armario óptico de segundo nivel, es decir la caja sin componentes. Más adelante se detallará las características técnicas del splitter 1:16.

**Tabla 36***Especificaciones Técnicas del Armario óptico FDO-4016B*

<b>Especificaciones Técnicas del Armario óptico FDO-4016B</b>				
Características de construcción				
Modelos	FDO-4016B	FDO-4016B-CAS	FDO-4016B-B3	FDO-4016B-BS6
Material de fabricación	PC + ABS			
IP	65			
Tapa	Abatible superior			
Sistema de cierre	2 pestillos laterales + tornillo cierre de seguridad			
Puerto principal	Tipo	Oval mid-span		
	Diámetro mm	2 x 14		
Puertos de segregación	Fijación	Abrazadera + tensor		
	Cantidad	2		
	Diámetro mm	PG 13.5 - 12.5		
	Fijación	Abrazadera + tensor		
Puertos de acometida	Cantidad	16		
	Diámetro exterior mm	11		
	Diámetro del cable mm	3		
	Fijación	Grommets		
Bandeja para empalmes de fibra	1	1	3 (máximo 4)	6
Capacidad total de empalmes	8/16	8/16	48/96 (4 bandejas)	72/144
Guía enrutar fibra	Integrada en bandeja			
Radio curvatura mm	30			
Bandeja para splitter cassette	-	1	-	-
Capacidad splitter cassette	-	2 1x8 o 1 1x16	-	-
Splitters PLC por bandeja	2/1	2	2	2
Capacidad de splitters PLC	3	2	6 (3 bandejas) 8 (4 bandejas)	12
Capacidad adaptadores SC/LCdx	16	16	12	-

Medidas	Ancho	mm	175		
	Largo	mm	285		
	Alto	mm	80		
Peso		gr	1000	1050	1100
Color	Gris				

Fuente: (Keynet Sistemas Profesionales, 2019)

Como se mencionó este Armario óptico ya incluye el divisor óptico para cada Armario óptico de segundo nivel en el que también se añaden los 16 acopladores y la bandeja de empalme, por lo que no es necesario realizar un análisis de costos para los splitters, los acopladores y la bandeja de empalme para los Armarios ópticos de segundo nivel. En la Tabla 37 se indica el costo total de los 16 Armarios ópticos de segundo nivel.

**Tabla 37**

*Costos totales de Armarios ópticos de segundo nivel para el diseño de la red óptica XG-PON*

<b>Costos totales de Armario óptico II</b>			
Modelo	# de Armarios ópticos 1L	Costo unitario	Costo total
FDO-4016B116SA	16	\$105.62	\$1689.94

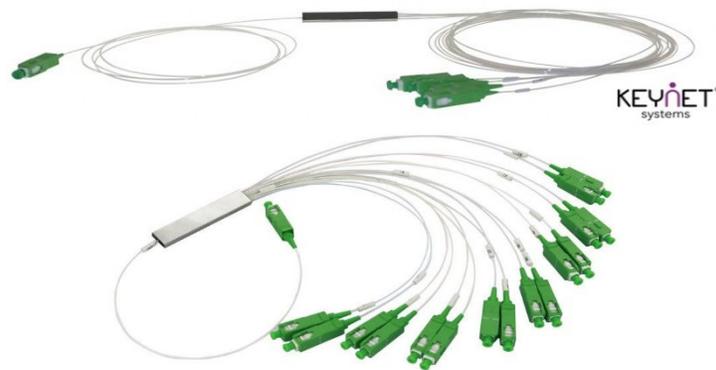
Fuente: Autoría propia

**4.4.4.6. Especificaciones técnicas y costo de equipo – Splitters.** Ahora bien, una vez que se tiene todos los requerimientos de los Armarios ópticos tanto de primer y de segundo nivel con todos sus elementos internos y sus costos totales, es necesario analizar las características técnicas de los splitters de la primera división óptica.

Como bien se mencionó en el apartado 4.4.4.4 y en el apartado 4.4.4.5 se hace uso de un modelo de splitters ‘SOP-B14-SA-SH2’ y ‘SOP-B116-SA’ según el catálogo de la empresa proveedora Keynet Sistemas Profesionales (2020), donde se detallan las especificaciones técnicas para este componente de red pasivo. En la Figura 96 se puede observar los dos tipos de splitters a usar.

### **Figura 96**

*Splitters para derivaciones en Armarios ópticos de primer y segundo nivel*



Fuente: (Keynet Sistemas Profesionales, 2019)

Las especificaciones técnicas de estos componentes pasivos se las puede observar en la Tabla 38.

**Tabla 38**

*Especificaciones técnicas splitters ópticos SC-APC*

<b>Especificaciones técnicas splitters ópticos SC-APC</b>						
Características de Referencias						
X	División (E/S)	Inserción (dB)	Uniformidad (dB)	Retorno (dB) (S/P Grade)	Polarización (dB)	
SOP-B12	1 / 2	≤ 4.0 / 3.8	≤ 0.4	> 55.0	≤ 0.2	
SOP-B14	1 / 4	≤ 7.3 / 7.0	≤ 0.6	> 55.0	≤ 0.2	
SOP-B18	1 / 8	≤ 10.5 / 10.2	≤ 0.8	> 55.0	≤ 0.2	
SOP-B116	1 / 16	≤ 13.7 / 13.5	≤ 1.2	> 55.0	≤ 0.3	
SOP-B132	1 / 32	≤ 16.9 / 16.5	≤ 1.5	> 55.0	≤ 0.3	
SOP-B164	1 / 64	≤ 21.0 / 20.5	≤ 2.5	> 55.0	≤ 0.4	
Características físicas						
Características	B12	B14	B18	B116	B132	B164
Tipo fibra	G657A2					
Cubierta fibra de entrada	Fibra semi ajustada 900µm					
Cubierta fibra de salida	Fibra holgada 900µm					
Longitud de la fibra	1,5 metros					
Conectores	Tipo SC / Pulido APC					
Longitud de onda operativa	1260 ~ 1650 nm					
Medidas (mm)	7x4x60		12x4x60		-	-
Directividad	>55.0 dB					
Temperatura, almacenamiento y operación	-40°C a 85°C					

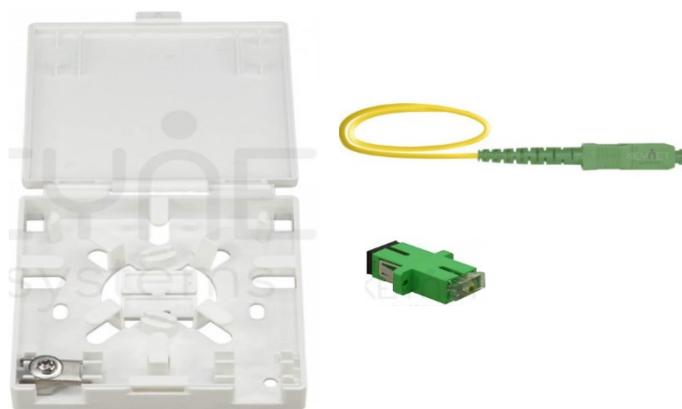
Fuente: (Keynet Sistemas Profesionales, 2019)

**4.4.4.7. Especificaciones técnicas y costo de equipo – Roseta óptica.** La roseta óptica o caja terminal de usuario FTTH es de los elementos más importantes cuando se trata de conectar a la ONT en el domicilio del cliente con la red óptica, ya que es el tramo más pequeño de la red óptica donde se hace la última fusión de hilos de fibra óptica.

De esta manera se selecciona del catálogo de la empresa proveedora Keynet Sistemas Profesionales (2020), los tres elementos que conforman la rosera óptica, siendo la caja terminal de abonado modelo 'FTB-2000-PR', el Pigtail SC-APC con modelo 'TF-PSA12-Y015' de conexión con la red Dispersión y el acoplador óptico entre el Pigtail la ONT con modelo 'TA-SA207-S-BX'. En la Figura 97 se ve la rosera óptica.

### Figura 97

*Roseta óptica para terminaciones FTTH de clientes que incluye pigtails SC-APC y conector SC-APC*



Fuente: (Keynet Sistemas Profesionales, 2019)

Para finalizar se establece el costo unitario para la roseta óptica, el cual se lo indica en la Tabla 39 que está conformado por todos los elementos mencionados y adicionalmente se establece el costo total para las 256 unidades.

**Tabla 39**

*Costos totales de roseta óptica para el diseño de la red óptica XG-PON*

Elemento de la roseta	Modelo	Costos totales de roseta óptica			
		Costo unitario por elementos	Costo de Roseta	# Rosetas ópticas	Costo total de unidades
Caja terminal FTTH	FTB-2000-PR	\$2.05			
Pigtail SC-APC	TF-PSA12-Y02	\$1.89	\$4.51	256	\$1154.56
Acoplador SC-APC	TA-SA207-S-BX	\$0.57			

Fuente: Autoría propia

#### **4.4.4.8. Especificaciones técnicas y costo de fibra – Cable red Feeder.**

Las especificaciones y costos para todos los cables de fibra óptica de la red Feeder se deben considerar y tomar en cuenta para el adecuado costo de inversión que se va a realizar para la red óptica. El principal aspecto que se va a considerar es que al ser una red Feeder con 12 hilos, de los cuales 4 hilos de fibra que se conectan a la OLT y 12 hilos son de backup, se debe buscar un cable de tendido aéreo que ofrezca al menos esos 4 hilos de fibra óptica, considerando que lo ideal es un cable de 12 hilos de fibra debido a las reservas que se debe dejar para futura expansión de la red.

Para esta red se va a hacer uso del documento de catálogo de la empresa Keynet Sistemas Profesionales (2019) que es una marca especializada en ofrecer productos pasivos para redes de fibra óptica. Esta empresa proveedora ofrece una gama de cables de fibra óptica para tendidos aéreos en fibras SM G.652D. Sin embargo, el cable de fibra más ideal que se ha seleccionado es el ‘Cables FO distribución monotubo SM G652D doble cubierta PE’ de 8 hilos. Keynet Systems

define como un cable de fibras de único conducto con gel hidrófugo y recubrimiento de fibras de vidrio que aportan una excelente resistencia a la humedad y buena protección como anti roedores. En la Figura 98 se puede observar este tipo de cable de fibra óptica.

**Figura 98**

*Cable de fibra óptica para red Feeder de 12 hilos bajo la normativa G.652D*



Fuente: (Keynet Sistemas Profesionales, 2019)

El proveedor de este tipo de cable indica que este tipo de cable tiene uso para redes troncales con tendido aéreo o canalizado. En la Tabla 40 se observa las características generales del cable de fibra óptica de distribución monotubo SM G652D doble cubierta PE.

**Tabla 40**

*Características Generales del cable de fibra óptica modelo F21-12HD-P*

Características Generales										
Referencia / Fibra	Nº fibras	Presentación fibra	Construcción	Refuerzos	Cubierta interior	Refuerzos	Cubierta exterior	Span	Viento	Color
SM G652D F21-12HDK-PS1W3	12	Desnuda 250µ	Holgado monotubo	Aramidas	PE-UV CPR Fca	Aramidas	PE-UV CPR Fca	100mt	30m/s	Negro

Fuente: (Keynet Sistemas Profesionales, 2020)

En la Tabla 41 se indican las especificaciones técnicas para este cable según su proveedor.

**Tabla 41***Especificaciones Técnicas del cable de fibra óptica F21-12HD-P*

<b>Especificaciones Técnicas del cable de fibra óptica F21-12HD-P</b>							
Tipo de fibra		SM G.652D			ITU-T		
Referencias generales							
Referencias	# de fibras	# de tubos	Ø mm	Grosor cubierta interior mm	Grosor cubierta exterior mm	Diámetro exterior mm	Peso Kg/Km
F21-12HD-P	12	1	2.15	0.8 ± 0.2	2.2 ± 0.2	9.4 ± 0.5	93
Características geométricas							
Ensayo			Valor especificado		Método		
Diámetro de campos de modo			1310nm	µm	9,2 ± 0,4	IEC60793-1-45	
Diámetro del cladding o revestimiento				µm	125 ± 1	IEC60793-1-20	
Error de concentricidad del cladding o revestimiento				µm	≤ 0.6	IEC60793-1-20	
No circularidad del cladding				%	≤ 1	IEC60793-1-20	
Longitud de onda de corte para cable				nm	$\lambda_{cc} \leq 1260$	EC60793-1-44	
Longitud de onda de corte para fibra				nm	$\lambda_{cc} 1180 \approx 1330$	EC60793-1-44	
Diámetro sobre protección primaria		No incluye capa de color		µm	245 ± 10	IEC60793-1-21	
		Incluye capa de color		µm	250 ± 10	IEC60793-1-21	
Error de concentricidad de la protección primaria				µm	≤ 12.5	IEC60793-1-21	
Radio de curvatura de la fibra				m	≥ 4	IEC 60793-1-34	
Características de transmisión							
Ensayo			Valor especificado		Método		
Atenuación			1310nm	dB/km	≤ 0,36	IEC60793-1-40	
			1550nm	dB/km	≤ 0,22	IEC60793-1-40	
Pérdida de flexión			100 vuelta x radio 30mm @ 1550nm	dB	0.1	IEC60793-1-47	
Dispersión cromática			Entre 1288 ≈ 1339	nm/km	≤ 3.5	IEC 60793-1-42	
			1550nm	nm/km	≤ 18	IEC 60793-1-42	

Espectrómetro de dispersión de onda	nm	1300 ≈ 1324	IEC 60793-1- 42
Pendiente de dispersión nula	ps/nm <sup>2</sup> xkm	≤ 0.092	IEC 60793-1- 48
<b>Características estructurales</b>			
Gel hidrófugo de relleno		Si	
Conductor interior	Material		PBT
Fibra de vidrio bloqueante de agua	Material		Fibra de vidrio
Cubierta interior	Material		LLDPE-UV
Hilo de rasgado	Material		Hilo de poliéster
Cubierta	Material		LLDPE-UV
	Color		Negro

Fuente: (Keynet Sistemas Profesionales, 2019)

Una vez se ha establecido el tipo de cable de fibra óptica a usar para la red Feeder con sus especificaciones técnicas, se procede a calcular el costo total según la cantidad de fibra óptica que se estableció para esta red. Como la cantidad que se va a necesitar es de 1.5 km y el proveedor vende a un costo de \$2.05 cada metro, se tiene un total de \$3075.00. La Tabla 42 indica un resumen del costo total de la red Feeder.

**Tabla 42**

*Costos totales de cable de fibra óptica – red Feeder para el diseño de la red óptica XG-PON*

<b>Costos totales de red Feeder</b>				
Tipo de FO	Norma UIT-T	Cantidad de FO	Costo por metro	Costo total
SM-12 hilos	G.652D	1.5 km	\$2.05	\$3075.00

Fuente: Autoría propia

#### 4.4.4.9. Especificaciones técnicas y costo de fibra – Cable red

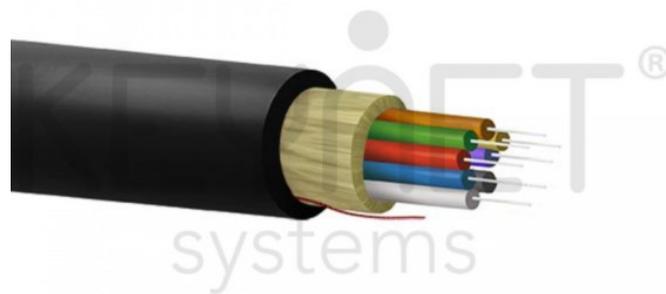
**Distribución.** Para la red de distribución de igual manera que con la red Feeder, se va hacer uso de las condiciones de diseño que se han establecido en el diseño de la red.

A partir de la red Distribución y red Dispersión se va a hacer uso de los cables de fibra óptica que están normatizados en la G.657A. Esta red depende netamente de los hilos de fibra óptica que se usan en la red Feeder, es decir 4 hilos de fibra óptica conectados a la OLT, sin embargo, para esta red es necesario dejar reservar de hilos, por lo que se va a usar un cable de al menos 8 hilos de fibra usando 4 para las conexiones y 4 para reserva.

También se va hacer uso del catálogo del proveedor la empresa Keynet Sistemas Profesionales (2019), para lo cual se ha seleccionado el mejor cable de fibra óptica para redes Distribuidas que es el ‘Cable 8fo SM G657A2 900u’ que se caracteriza por tener buena flexibilidad, alta resistencia a tracción y su uso puede ser en interior o exterior. En la Figura 99 se observa el cable de fibra óptica de 8 hilos para esta red Distribuida.

### **Figura 99**

*Cable de fibra óptica para red Distribución de 8 hilos bajo la normativa G.657A2*



Fuente: (Keynet Sistemas Profesionales, 2019)

En la Tabla 43 se observa las características generales del cable de fibra óptica 8fo SM G657A2 900u.

**Tabla 43**

*Características Generales del cable de fibra óptica modelo F1A-08A-DLN*

<b>Características generales</b>					
Referencia / Fibra SM G657A2	Nº fibras	Construcción	Refuerzos	Cubierta	Color
F1A-08A-DLN	8	Ajustada 900µ	Aramiditas	SM Dca-s2,d0,a1	Negro

Fuente: (Keynet Sistemas Profesionales, 2020)

En la Tabla 44 se indican las especificaciones técnicas para este cable según su proveedor.

**Tabla 44**

*Especificaciones Técnicas del cable de fibra óptica F1A-08A-DLN*

<b>Especificaciones Técnicas del cable de fibra óptica F1A-08A-DLN</b>					
Tipo de fibra		SM G.657A2		ITU-T	
Características estructurales					
Referencias		F1A-04A-DLN	F1A-08A-DLN	F1A-12A-DLN	
Número de fibras		04	08	12	
Diámetro del núcleo y cladding	µm		9/125		
	Diametro µm		900 ± 50		
Material			LSZH-FR		
Cubierta de la fibra ajustada	Color	Verde, Rojo, Azul, Amarillo	Azul, Naranja, Verde, Marrón, Gris, Blanco, Rojo, Negro	Azul, Naranja, Verde, Marrón, Gris, Blanco, Rojo, Negro, Amarillo, Violeta, Rosa, Turquesa	
	Material		Aramiditas		
Cubierta exterior	Diámetro exterior	mm	5.6 ± 0.2	5.8 ± 0.2	6.2 ± 0.2
	Espesor	mm	1,1 ± 0.02		1,3 ± 0.02

Material		LSZH-UV		
CPR		Dca-s2, d0 ,a1		
Color		Negro - RAL9005		
Características ópticas				
Parámetro			Valor	Método
Diámetro de campos de modo	1310nm	μm	8.8 ± 0.4	IEC60793-1-45
	1550nm	μm	9.8 ± 0.5	IEC60793-1-45
Diámetro del cladding o revestimiento		μm	124.8 ± 0.7	IEC60793-1-20
No circularidad del cladding		%	≤ 0.7	IEC60793-1-20
Error de concentricidad del cladding o revestimiento		μm	≤ 0.5	IEC60793-1-20
Error de concentricidad del cladding o revestimiento		μm	245 ± 5	IEC60793-1-21
Diametro sobre protección primaria		%	≤ 6.0	IEC60793-1-21
No circularidad de la protección primaria		μm	≤ 12	IEC60793-1-21
Error de concentricidad de la protección primaria		nm	$\lambda_{cc} \leq 1260$	IEC60793-1-44
Atenuación	1310nm	dB/km	≤ 0.4	IEC60793-1-40
	1550nm	dB/km	≤ 0.3	IEC60793-1-40
Pérdida radio curvatura	1 vuelta x radio 7,5mm @ 1550nm	dB	≤ 0.5	IEC60793-1-47
	1 vuelta x radio 7,5mm @ 1625nm	dB	≤ 1.0	IEC60793-1-47

Fuente: (Keynet Sistemas Profesionales, 2019)

Una vez se ha establecido de igual manera el tipo de cable de fibra óptica a usar para la red Distribución con sus especificaciones técnicas, se procede a calcular el costo total según la cantidad de fibra óptica que se estableció para esta red. Como la cantidad que se va a necesitar es de 3 km y el proveedor vende a un costo de \$1.44 cada metro, se tiene un total de \$4320.00. La Tabla 45 indica un resumen del costo total de la red Distribución.

**Tabla 45**

*Costos totales de cable de fibra óptica – red Distribución para el diseño de la red óptica XG-PON*

<b>Costos totales de red Distribución</b>				
Tipo de FO	Norma UIT-T	Cantidad de FO	Costo por metro	Costo total
SM-8 hilos	G.657A2	3 km	\$1.44	\$4320.00

Fuente: Autoría propia

#### **4.4.4.10. Especificaciones técnicas y costo de fibra – Cable red**

**Dispersión.** Para este tipo de red, que es el último tramo en la red FTTH hasta llegar al equipo receptor, es decir la ONT, debe tener un cable de fibra óptica adecuado que cumpla con los requerimientos de la tecnología XG-PON sin que su operatividad se vea afectada. Es muy importante recordar siempre que el diseño más coherente es la optimización de los recursos de fibra óptica, por tal razón al ser el último tramo que conecta al Armario óptico de segundo nivel y la ONT en el domicilio del cliente, basta con usar un único hilo de fibra óptica bajo el estándar G.657.A debido a que por sus ventajas es el ideal para redes FTTH.

Finalmente, se va hacer uso del mismo catálogo del proveedor la empresa Keynet Sistemas Profesionales (2019), para el cual se selecciona el cable de fibra denominado ‘Cable plano 1 Fo acometida SM’ que como bien indica este mismo catálogo es un cable que se usa en instalaciones en interior o exterior, además proporciona rigidez y tiene un reducido tamaño. La Figura 100 muestra este tipo de cable a usar en la red Dispersión.

**Figura 100**

*Cable de fibra óptica para red Dispersión de 1 hilo bajo la normativa G.657A*



Fuente: (Keynet Sistemas Profesionales, 2019)

En la Tabla 46 se observa las características generales del cable de fibra óptica

Cable plano 1 Fo acometida SM.

**Tabla 46**

*Características Generales del cable de fibra óptica modelo F80P-01A-LB-BR*

<b>Características generales</b>								
Referencia / Fibra SM G657A2	Nº fibras	Presentación fibra	Refuerzos	Resistencia tracción	Cubierta	Ø exterior plana	Ø interior plana	Color
F80P-01A-LB-BR	1	Desnuda 250µm	2 x FRP	>300	LSZH Eca	Plana 3x2		Negro

Fuente: (Keynet Sistemas Profesionales, 2020)

En la Tabla 47 se indican las especificaciones técnicas para este cable según su proveedor.

**Tabla 47***Especificaciones Técnicas del cable de fibra óptica F80P-01A-LB-BR*

<b>Especificaciones Técnicas del cable de fibra óptica F80P-01A-LB-BR</b>				
Características eléctricas				
Referencias		F80P-01A-LB-BR	F80P-01A-LN-BR	
Número de fibras		1		
Cladding	Dimensiones	$\mu\text{m}$		$245 \pm 10$
	Color			Rojo
	Material	2 varillas de fibra de vidrio		
Elemento de tracción	Dimensiones			
	$\emptyset$	mm		0.5
	Material	LSZH-FR		
	CPR	Eca		
Cubierta	Dimensiones	mm		2 x 3
	Color	PANTONE 7015U		Negro - RAL1004
Características geométricas				
Ensayo		Valor especificado		Método
Diámetro de campos de modo	1310nm	$\mu\text{m}$	$8,8 \pm 0,4$	IEC60793-1-45
Diámetro del cladding o revestimiento		$\mu\text{m}$	$125 \pm 0.7$	IEC60793-1-20
Error de concentricidad del cladding o revestimiento		$\mu\text{m}$	$\leq 0.6$	IEC60793-1-20
No circularidad del cladding		%	$\leq 0.7$	IEC60793-1-20
Longitud de onda de corte para cable		nm	$\lambda_{cc} \leq 1260$	EC60793-1-44
Longitud de onda de corte para fibra		nm	$\lambda_{cc} 1180 \approx 1330$	EC60793-1-44
Diámetro sobre protección primaria		$\mu\text{m}$	$245 \pm 10$	IEC60793-1-21
Error de concentricidad de la protección primaria		$\mu\text{m}$	$\leq 0.5$	IEC60793-1-21
Radio de curvatura de la fibra		m	$\geq 4$	IEC 60793-1-34
Características de transmisión				

Ensayo		Valor especificado		Método
Atenuación	1310nm	dB/km	$\leq 0,36$	IEC60793-1-40
	1550nm	dB/km	$\leq 0,23$	IEC60793-1-40
	1625nm	dB/km	$\leq 0,25$	IEC60793-1-40
Pérdida de flexión	10 vueltas x radio 30mm @ 1550nm	dB	$\leq 0.03$	IEC60793-1-47
	10 vueltas x radio 30mm @ 1625nm	dB	$\leq 0.10$	IEC60793-1-47
Dispersión cromática	Entre 1285 $\approx$ 1330	nm/km	$\leq 0.03$	IEC 60793-1-42
	Entre 1525 $\approx$ 1575	nm/km	$\leq 0.03$	IEC 60793-1-42
Espectrómetro de dispersión de onda		nm	1300 $\approx$ 1324	IEC 60793-1-42
Pendiente de dispersión nula	ps/nm <sup>2</sup> xkm		$\leq 0.092$	IEC 60793-1-48

Fuente: (Keynet Sistemas Profesionales, 2019)

Cuando finalmente se ha establecido de igual manera el tipo de cable de fibra óptica a usar para la red Dispersión con sus especificaciones técnicas, se procede a calcular el costo total según la cantidad de fibra óptica que se estableció para esta red de último tramo FTTH. Como la cantidad que se va a necesitar es de 26 km y el proveedor vende a un costo de \$0.25 cada metro, se tiene un total de \$6500.00. La Tabla 48 indica un resumen del costo total de la red Dispersión.

**Tabla 48**

*Costos totales de cable de fibra óptica – red Dispersión para el diseño de la red óptica*

*XG-PON*

Costos totales de red Dispersión				
Tipo de FO	Norma UIT-T	Cantidad de FO	Costo por metro	Costo total
SM-1 hilo	G.657A2	26 km	\$0.25	\$6500.00

Fuente: Autoría propia

**4.4.4.11. Especificaciones técnicas y costo de fibra – Pigtails.** Los cables ópticos pigtails son los que se van a usar en los puntos de fusión entre una nueva derivación óptica y cada red FTTH, es decir, en los puntos antes donde se van a fusionar los cables de red Feeder, Distribución y Dispersión. Básicamente, es cuando la red Feeder se tiene que agregar a la central mediante las conexiones en el ODF; la red Distribución cuando se tiene que agregar a cada línea de splitter óptico de primer nivel; y la red Dispersión cuando se tiene que agregar a cada línea de splitter de segundo nivel.

En este aspecto no se toma en cuenta el Pigtail que se usa en la roseta óptica debido a que ese componente se considera incluido en el elemento terminal de la roseta óptica. En la Figura 101 se ve el Pigtail a usar en cada punto de fusión explicado anteriormente el cual es del modelo ‘TF-PSA12-Y02’ que pertenece al catálogo de la empresa Keynet Systems.

### **Figura 101**

*Pigtails para fusiones de hilos de fibra óptica con terminación SC-APC*



Fuente: (Keynet Sistemas Profesionales, 2019)

En la Tabla 49 se indica las especificaciones técnicas de este componente.

**Tabla 49**

*Especificaciones técnicas Pigtail TF-PSA12-Y02*

<b>Especificaciones técnicas Pigtail TF-PSA12-Y02</b>			
Características operativas	Monomodo	Multimodo	
(Grado C) Pérdida inserción- Valor normal	≤ 0,12dB		
(Grado C) Pérdida inserción- 97%	≤ 0,25dB Máx		
Pérdida retorno	PC ≥ 45 dB	PC ≥ 35 dB	
	UPC ≥ 50 dB		
	APC ≥ 65 dB	-	
Fibra óptica	G657A2	OM3-300 / OM4	
Longitud onda	1310 - 1625 nm	850 - 1300 nm	
Radio curvatura	10 v Ø30mm- 1550nm	≤ 0,03 dB	-
	1 vuelta Ø30mm- 1550nm	≤ 0,01 dB	-
	1 vuelta Ø15mm- 1550nm	≤ 0,05 dB	-
	100 v Ø75mm- 850-1300nm	-	≤ 0,05 dB
	Durabilidad	≤ 0,3dB típicos hasta 500 conexiones	
Temperatura operativa	- 40° C a + 85°C		
Temperatura almacenamiento	- 50° C a + 85°C		

Fuente: (Keynet Sistemas Profesionales, 2019)

En la Tabla 50 se indica el costo total de los pigtails requeridos para la red óptica por punto de fusión.

**Tabla 50**

*Costos totales de pigtails para el diseño de la red óptica XG-PON*

<b>Costos totales de pigtails</b>			
Modelo Pigtail	Costo unitario	Cantidad pigtails	Costo total
TF-PSA12-Y02	\$1.89	276	\$522.30

Fuente: Autoría propia

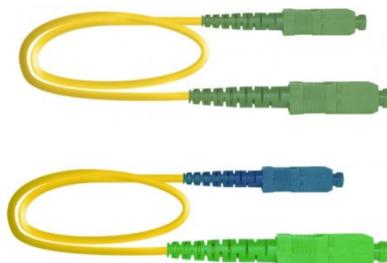
#### 4.4.4.12. Especificaciones técnicas y costo de fibra – Patch Cords.

Finalmente, se tienen los últimos cables de fibra óptica que son los patch cords, los cuales sirven para conectar a dos tramos de hilos de fibra que son en el inicio del trayecto de la red óptica y al final de la misma, es decir, para conectar a la OLT con el ODF y a la ONT con la roseta óptica. Cabe mencionar que existen dos tipos de conectores más comunes que son SC-UPC y SC-APC, enfocado en el primer tipo de conector debe ser acorde al puerto que permite ser conectado en la OLT y la ONT; de esta forma se tiene patch cords del tipo SC-APC/SC-APC para la OLT y del tipo SC-APC/SC-UPC para cada ONT.

De esta forma al igual que los pigtaills se hace uso del catálogo de componentes pasivos del proveedor Keynet Systems, donde se indica el siguiente modelo de patch cords ‘TF-LSA06-Y03’ para las conexiones con la OLT y del modelo de patch cords ‘TF-LSASU13-Y01’ para conexiones con la ONT. En la Figura 102 se observan este tipo de componentes.

#### Figura 102

*Patch cords para fusiones de hilos de fibra óptica con terminación SC-APC/SC-APC y SC-APC/SC-UPC*



Fuente: (Keynet Sistemas Profesionales, 2020)

En la Tabla 51 se indica las especificaciones técnicas para cada tipo de patch cords, tanto para combinaciones APC-APC y APC-UPC.

**Tabla 51**

*Especificaciones técnicas Pigtail TF-PSA12-Y02*

<b>Especificaciones técnicas Pigtail TF-PSA12-Y02</b>		
Características operativas	Monomodo	Multimodo
(Grado C) Pérdida inserción- Valor normal	≤ 0,12dB	
(Grado C) Pérdida inserción- 97%	≤ 0,25dB Máx	
Pérdida retorno	PC ≥ 45 dB	PC ≥ 35 dB
	UPC ≥ 50 dB	
	APC ≥ 65 dB	
Fibra óptica	G657A2	OM3-300 / OM4
Longitud onda	1310 - 1625 nm	850 - 1300 nm
Radio curvatura	10 v Ø30mm- 1550nm	≤ 0,03 dB
	1 vuelta Ø30mm- 1550nm	≤ 0,01 dB
	1 vuelta Ø15mm- 1550nm	≤ 0,05 dB
	100 v Ø75mm- 850-1300nm	-
Durabilidad	≤ 0,3dB típicos hasta 500 conexiones	
Temperatura operativa	- 40° C a + 85°C	
Temperatura almacenamiento	- 50° C a + 85°C	

Fuente: (Keynet Sistemas Profesionales, 2019)

En la Tabla 52 se indica el costo total de los pigtails requeridos para la red óptica por punto de fusión.

**Tabla 52**

*Costos totales de patch cords para el diseño de la red óptica XG-PON*

<b>Costos totales de patch cords</b>				
Modelo Pigtail	Costo unitario	Cantidad patch cords	Costo total por tipo patch cords	Costo total
TF-LSA06-Y03	\$3.69	4	\$14.76	
TF-LSASU13-Y01	\$3.21	256	\$821.76	\$836.52

Fuente: Autoría propia

**4.4.4.13. Especificaciones técnicas y costo de componente – Tubillos de fusión.** Los tubillos de fusión óptica son los elementos que darán soporte a la fusión de los hilos de fibra en cada sección de la red óptica.

En este aspecto según el catálogo del proveedor Keynet Systems, se indican dos tipos de tubillo de fusión, del modelo ‘CFSP-B1245-CR’ y del modelo ‘CFSP-B1260-CR’, siendo la diferencia en la longitud del tubillo. En la Figura 103 se observa este tubillo de fusión.

**Figura 103**

*Tubillos protectores de fusión de hilos de fibra óptica de 45 mm y 60 mm*



Fuente: (Keynet Sistemas Profesionales, 2020)

En la Tabla 53 se observan las especificaciones técnicas de este elemento.

**Tabla 53**

*Especificaciones técnicas tubillos de fusión*

<b>Especificaciones técnicas tubillos de fusión</b>			
Características de construcción		CFSP-B1260-CR	CFSP-B1245-CR
Material de fabricación		Polioléfina polímero	
Color		Transparente	
Varilla metálica	longitud (mm)	58 ± 2,0	42 ± 2,0
	diámetro (mm)	1,2	1,2
Termoretractil interior	longitud (mm)	56 ± 0,50	44 ± 0,50
	diámetro (mm)	1,9 ± 0,10	1 ± 0,10
Termoretractil exterior	longitud (mm)	60 ± 1,0	45 ± 1,0
	diámetro (mm)	3 ± 0,20	3 ± 0,20
Termoretractil exterior contraído	diámetro (mm)	2.6 ± 0,20	2,6 ± 0,20

Fuente: (Keynet Sistemas Profesionales, 2019)

En la Tabla 54 se indica el costo total de los tubillos requeridos para la red óptica en cada punto de fusión, considerando que los tubillos de 45 mm serán usados para fusiones en rosera óptica y los de 60 mm en los demás puntos de fusión de la red.

**Tabla 54**

*Costos totales de tubillos de fusión para el diseño de la red óptica XG-PON*

<b>Costos totales de tubillos de fusión</b>				
Modelo tubillo	Costo unitario	Cantidad tubillo	Costo total por tipo tubillo	Costo total
CFSP-B1245-CR	\$0.10	256	\$25.6	\$56.4
CFSP-B1260-CR	\$0.11	280	\$30.8	

Fuente: Autoría propia

Los costos de los equipos pasivos se pueden evidenciar en el Anexo F donde se indican los costos de todos estos equipos pasivos, como bien se detalló anteriormente son precios otorgados en el catálogo de tarifas de la empresa Keynet Systems. Estos precios se detallan para cada elemento pasivo y que a su vez son los precios actuales que la empresa proveedora oferta en el mercado. Cabe volver a mencionar que para obtener el catálogo se debe realizar el registro de la cuenta en el sitio web oficial de Keynet Systems y posteriormente obtener tanto el catálogo de tarifa, como las fichas técnicas de todos los componentes.

#### **4.5. Simulación de la red óptica pasiva**

Para la simulación de la red óptica se hace uso del software OptiSystem, el cual permite diseñar redes de tipo ópticas lo que resulta muy importante el momento de usar el software porque permite simular redes FTTH. En principal aspecto que se va a analizar en la simulación de la red óptica son las potencias que se usan para la transmisión de la señal óptica; este aspecto es el más relevante debido a que permite corroborar los cálculos teóricos que se han establecido anteriormente con la simulación de la red en el entorno más extremo, es decir, considerando la comunicación entre la OLT y la ONT más lejana y más cercana.

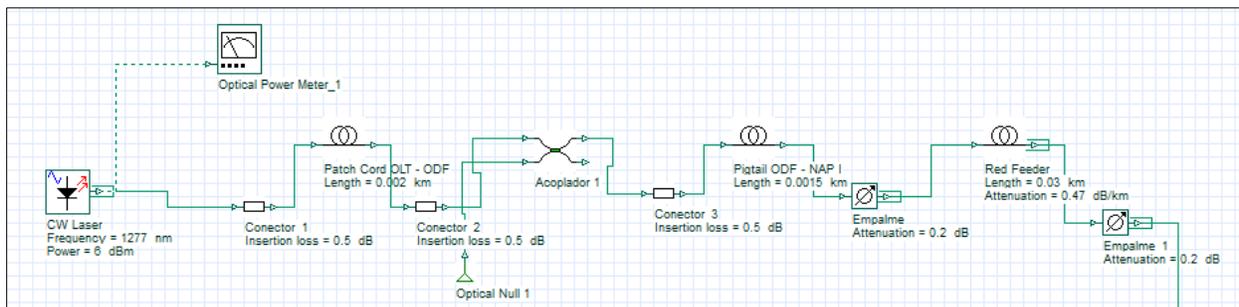
##### ***4.5.1. Red óptica a simular***

La red óptica que se va a simular consta de las tres secciones de la arquitectura FTTH que se establece para este tipo de redes, es decir, se tiene la red Feeder, la red Distribución, y la red Dispersión. Considerando que la OLT pertenece al segmento de la red Feeder y la ONT pertenece al segmento de la red Dispersión, dicha red es la misma que se indica en la topología de la Figura 51. Todos los segmentos de la red ópticas son diseñados por el autor de la presente investigación.

En la Figura 104 se observa el bloque de la red Feeder.

**Figura 104**

*Diseño elaborado por el autor para la simulación de la red óptica - Red Feeder*

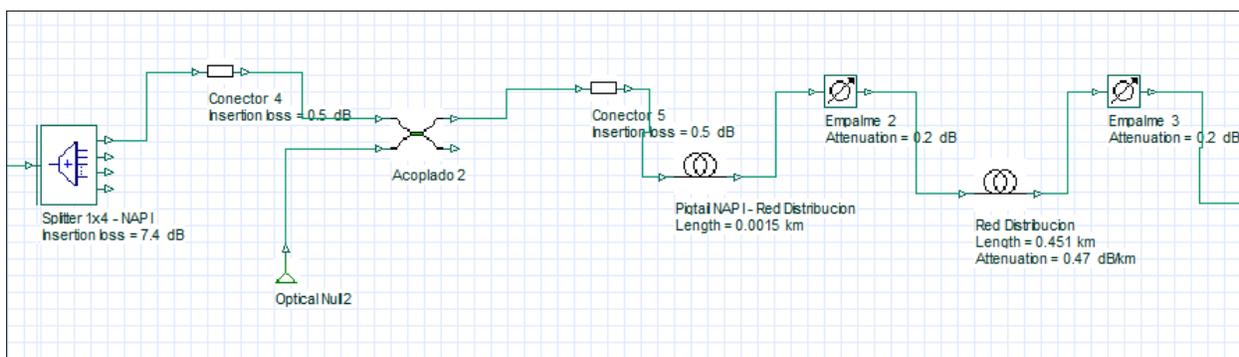


Fuente: (Optiwave, 2022). Diseño elaborado por: El autor

En la Figura 105 se observa el bloque de la red Distribución.

**Figura 105**

*Diseño elaborado por el autor para la simulación de la red óptica - Red Distribución*

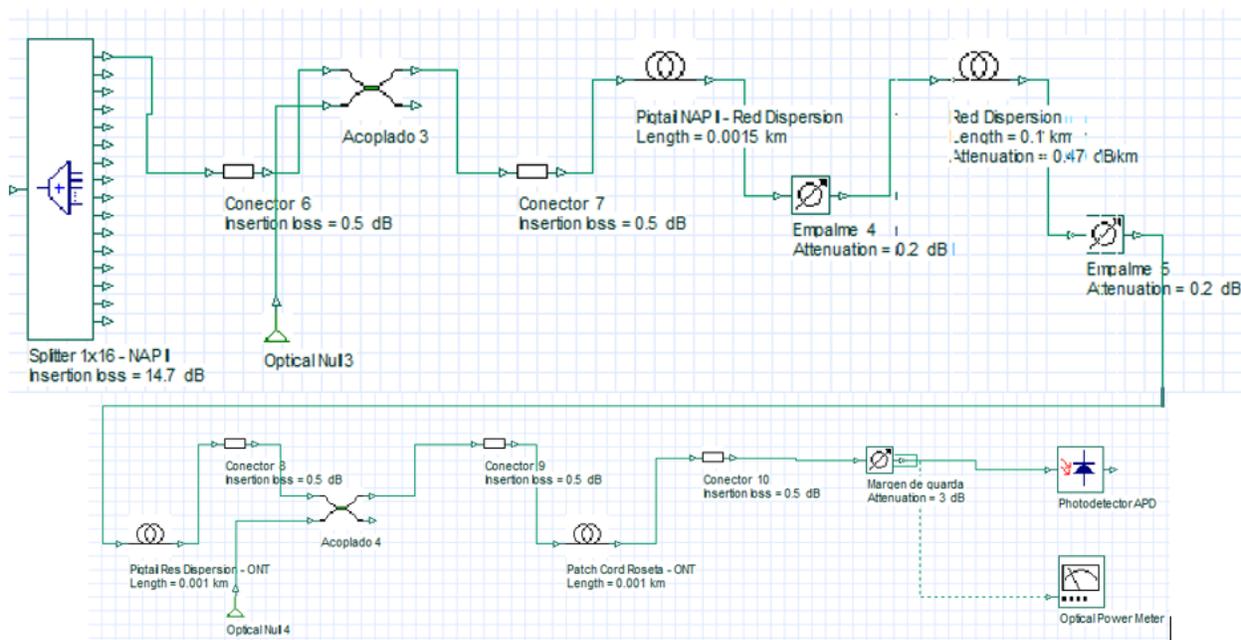


Fuente: (Optiwave, 2022). Diseño elaborado por: El autor

En la Figura 106 se observa el bloque de la red Dispersión.

**Figura 106**

*Diseño elaborado por el autor para la simulación de la red óptica - Red Dispersión*



Fuente: (Optiwave, 2022). Diseño elaborado por: El autor

#### **4.5.2. Prueba de funcionamiento de la red – cliente más lejano**

Ahora bien, una vez que se obtiene el diseño de la red óptica en el software de simulación, se procede a calcular la potencia que se obtiene en el receptor considerando los mismos parámetros de pérdidas de potencia y de cálculo tanto en los cálculos teóricos como en los cálculos simulados tomando en cuenta la distancia máxima que existe entre la OLT y el cliente más lejano. En la Tabla 55 se indican los parámetros de cálculos.

**Tabla 55**

*Análisis de potencias OLT y ONT cliente más lejano*

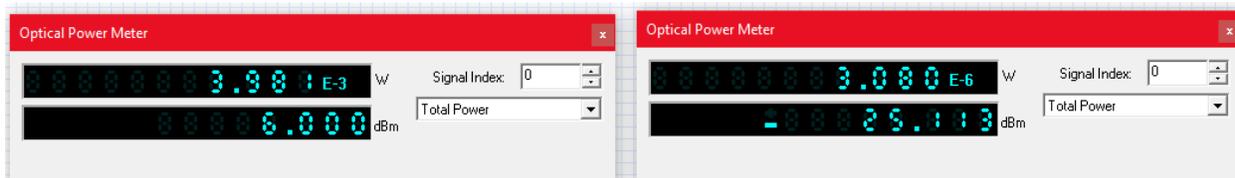
<b>Análisis de potencias OLT y ONT cliente más lejano</b>			
Potencia de componentes	Análisis teórico	Análisis simulado	Unidad
OLT	+6	+6	dBm
Distancia de F.O.	-0.42	-0.414	dB
Empalmes	-1.2	-1.2	dB
Conectores	-5	-5	dB
Splitter 1:4	-7.4	-7.4	dB
Splitter 1:16	-14.1	-14.1	dB
Margen de guarda	-3	-3	dB
ONT	-25.12	-25.11	dBm

Fuente Autoría propia

En la Figura 107 se puede observar las potencias de salida en la OLT y de entrada en la ONT más lejana para la red de fibra óptica simulada.

**Figura 107**

*Potencias obtenidas de transmisión en la OLT y recepción en la ONT - Cliente más lejano*



Fuente: (Optiwave, 2022). Diseño elaborado por: El autor

### 4.5.3. Prueba de funcionamiento de la red – cliente más cercano

De igual manera, una vez que se obtiene el diseño de la red óptica en el software de simulación, se procede a calcular la potencia que se obtiene en el receptor considerando los mismos parámetros de pérdidas de potencia y de cálculo tanto en los cálculos teóricos como en los cálculos simulados tomando en cuenta la distancia máxima que existe entre la OLT y el cliente más cercano. En la Tabla 56 se indican los parámetros de cálculos.

**Tabla 56**

*Análisis de potencias OLT y ONT cliente más cercano*

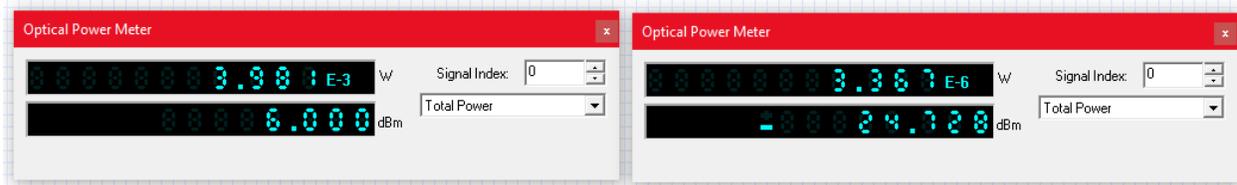
<b>Análisis de potencias OLT y ONT cliente más lejano</b>			
Potencia de componentes	Análisis teórico	Análisis simulado	Unidad
OLT	+6	+6	dBm
Distancia de F.O.	-0.02	-0.028	dB
Empalmes	-1.2	-1.2	dB
Conectores	-5	-5	dB
Splitter 1:4	-7.4	-7.4	dB
Splitter 1:16	-14.1	-14.1	dB
Margen de guarda	-3	-3	dB
ONT	-24.72	-24.728	dBm

Fuente: Autoría propia

En la Figura 108 se puede observar las potencias de salida en la OLT y de entrada en la ONT más cercana para la red de fibra óptica simulada.

### Figura 108

*Potencias obtenidas de transmisión en la OLT y recepción en la ONT - Cliente más cercano*



Fuente: (Optiwave, 2022). Diseño elaborado por: El autor

Los archivos de simulación sobre el cliente más lejano y el cliente más cercano conjuntamente con el archivo de instalación del software de simulación OptiSystem se encuentran adjuntos en el Anexo G: Simulación de la red óptica pasiva. Se enlista las simulaciones realizadas y se agrega el link que direcciona al almacenamiento en la nube donde se puede encontrar los archivos de simulación y el software de instalación

#### ***4.5.4. Conclusión final sobre las pruebas de funcionamiento y diseño de la red***

Como es evidente, se observa que las pruebas de funcionamiento de la red simulada arrojan los mismos resultados que los cálculos teóricos encontrados, debido a que tanto en los resultados matemáticos se obtienen potencias de recepción de -25.12 dBm y -24.72 dBm en el análisis teórico para el cliente más lejano y el cliente más cercano respectivamente; y potencias de recepción de -25.11 dBm y -24.728 dBm en la simulación de la red tanto para el cliente más lejano y el cliente más cercano respectivamente. Este aspecto indica que la red funciona de forma

óptima acorde a los equipos y especificaciones técnicas de cada componente de la arquitectura FTTH para la tecnología XG-PON.

Ahora bien, además de evidenciar el correcto funcionamiento de la red desde el aspecto operativo, de la mano con este criterio también es importante analizar el aspecto de la calidad del servicio de Internet que se va a tener con un adecuado diseño.

El diseño de la red óptica en base a cada proceso que se ha ido estudiando y analizando indica que se obtiene como el mejor resultado un servicio de calidad, esto se demuestra en base al aspecto más importante que es el estudio de la situación actual del servicio de Internet en los barrios San Miguel y San Vicente, es decir, que las necesidades de los abonados actuales indican la inconformidad del servicio que se oferta por parte de los proveedores actualmente, de este modo para diseñar una red de calidad implica que el dimensionamiento debe cumplir al menos con los requisitos mínimos de los abonados, es así que el diseño se lo ha establecido tomando como base a la proyección de abonados y de población en un periodo de 10 años; es decir sobre los 119 potenciales abonados que habrán en 10 años, de tal manera que el dimensionamiento de la red debe ser proyectado incluso a una cantidad de usuarios mayor a la calculada en la proyección de abonados, es así que el criterio que se ejecuta es el que lo recomienda la normativa de la UIT-T G.987.1 que indica a la tecnología XG-PON como una red de alta capacidad con una mínima cantidad de abonados igual a 256 como la máxima relación de splitteo de 1:256 que garantiza tanto el acceso al servicio de Internet demandado por los residentes ese lapso como también la calidad del servicio para abonados adicionales que migren a la red fuera de los proyectados.

Entonces también se aporta para obtener una red óptica de calidad el criterio que se tiene en concordancia a lo que indica la normativa de la UIT-T G.987.1 sobre la máxima relación de splitteo que es de 1:256, en donde también se indica la mínima relación de splitteo la cual es de 1:64 líneas ópticas por puerto PON; es decir que para dar cobertura a los 256 abonados, se debería usar al menos 4 líneas ópticas o 4 puertos PON conectados en la OLT, y además en esta misma normativa se indica que para un diseño de red óptica funcional se debería tener dos niveles de splitteo, considerando que se agregue el segundo nivel de splitteo en la red de acceso inferior, es decir, en la red de acometida donde se usa dos divisiones ópticas, de 1:4 en el primer nivel y de 1:16 en el segundo nivel de splitteo, por la razón de que la normativa de la UIT-T G.987.1 también indica que la trayectoria factible al momento de implementar la red es optimizar la distancia de los cables de fibra óptica.

Es aquí donde se concluye que el diseño de red óptica es de calidad debido a que no solo se ha usado el estudio de la situación actual para realizar el diseño de la red óptica, sino que también se ha hecho uso de las normativas de la UIT-T para la tecnología XG-PON y esto es evidente ya que como se mencionó anteriormente, el diseño es netamente basado en las recomendaciones que indica la normativa G.987.

## 5. Capítulo: Análisis financiero

En este capítulo se explica el análisis financiero del presente proyecto, considerando que, al ser un estudio para una empresa privada, se debe tener en cuenta la inversión y el retorno de gastos que se vayan a efectuar para el diseño de la red óptica. De este modo debe existir un análisis de ingresos a futuro para un cierto periodo sobre el cual se va a recuperar la inversión inicial que representa la red óptica diseñada y el periodo en el cual se va a comenzar a tener ganancias.

El primer aspecto para comenzar con el análisis financiero es entender los métodos que se deberán usar para calcular el retorno de inversión en base a los presupuestos referenciales la red óptica, sin embargo, antes de saber los periodos en los cuales se va comenzar un retorno de inversión, es necesario conocer si el proyecto es viable desde un aspecto financiero.

Para conocer si el proyecto es viable se va hacer uso del método de evaluación de proyectos conocido con las siglas VPN abreviado de su nombre 'Valor Presente Neto'. Mientras que para calcular el retorno de inversión se hará uso del método denominado 'Periodo de Recuperación de la Inversión'. Sin embargo, antes se debe saber cuál es el flujo de caja que existe en la empresa y sobre todo para el presente proyecto.

### 5.1. Flujo de caja

Como bien lo define Kiziryan (2015), el flujo de caja se refiere a los ingresos y egresos de una empresa en un cierto periodo. Es así que es necesario saber cuáles son los gastos y los ingresos de la empresa para determinar el flujo de caja.

### 5.1.1. Egresos del proyecto

Para determinar los egresos que representa la inversión del proyecto, se debe hacer una sumatoria de cada gasto que implica el desarrollo del proyecto. Como bien se entiende, el principal egreso del proyecto es los costos de los equipos activos y pasivos, adicionalmente se tienen los egresos operativos como son gastos de personal, gastos de movilización y finalmente se tienen los egresos de mantenimiento de la red óptica que se desprenden del valor total de los gastos de inversión.

**5.1.1.1. Egresos totales de equipos activos.** Para calcular el total de egresos de los equipos activos se hace una sumatoria de los costos totales calculados en el apartado 4.4.4.2. en la Tabla 57 se indican los egresos totales de los equipos activos.

**Tabla 57**

*Egresos totales referentes a los equipos activos para el diseño de la red XG-PON*

<b>Egresos totales de equipos activos</b>		
Elementos	Costos	Total
OLT	\$3860.00	\$15380.00
ONT	\$11520.00	

Fuente: Autoría propia

**5.1.1.2. Egresos totales de equipos pasivos.** Para calcular el total de los egresos que representan los elementos pasivos se hace una sumatoria de los costos obtenidos en los apartados 4.4.4.3 – 4.4.4.13. En la Tabla 58 se indican los egresos totales de los equipos pasivos.

**Tabla 58**

*Egresos totales referentes a los equipos pasivos para el diseño de la red XG-PON*

<b>Egresos totales de equipos pasivos</b>		
Elementos	Costos	Total
ODF	\$142.39	
Armarios de primer nivel	\$261.32	
Armarios de segundo nivel	\$1689.94	
Roseta óptica	\$1154.56	
Red Feeder	\$3075.00	\$18558.43
Red Distribución	\$4320.00	
Red Dispersión	\$6500.00	
Pigtails	\$522.30	
Patch cords	\$836.52	
Tubillos de fusión	\$56.4	

Fuente: Autoría propia

**5.1.1.3. Egresos totales de personal operativo.** La empresa Alfatel indica que en la actualidad cuenta con dos técnicos que se encargan de la sección operativa de las redes ópticas, los cuales tienen una remuneración mensual equivalente al salario básico en el Ecuador que es de \$425. En la Tabla 59 se observa los egresos totales de los salarios de los empleados en un año (Pozo, Entrevista sobre ingresos de personal operativo y de movilización anualmente, 2021).

**Tabla 59**

*Egresos totales referentes a los salarios de técnicos operarios para el diseño de la red XG-PON*

<b>Egresos totales de salarios de técnicos operativos</b>				
Empleados	Costos	Costos globales	Meses	Total
Técnico 1	\$425.00	\$850.00	12	\$10200.00
Técnico 2	\$425.00			

Fuente: Autoría propia

**5.1.1.4. Egresos totales de movilización.** La empresa también indicó que los gastos de movilización son equivalentes a \$20 por cada 2 días semanales, excluyendo el último día de la semana, de este modo en la Tabla 60 se indica el egreso total de movilización en un año (Pozo, Entrevista sobre ingresos de personal operativo y de movilización anualmente, 2021).

**Tabla 60**

*Egresos totales referentes a la movilización para el diseño de la red XG-PON*

<b>Egresos totales de movilización</b>			
Ítem	Costos por cada 2 días	Costos al mes	Total, anual
Movilización	\$20.00	\$240.00	\$2880.00

Fuente: Autoría propia

**5.1.1.5. Egresos totales de mantenimiento.** Este aspecto hace referencia a los gastos anuales que se van a tener en la red óptica. Según el autor (Bolaños H. D., 2017), indica que se debe considerar un 5% del monto total de la inversión del proyecto. De esta forma se tiene un valor total de inversión correspondiente a \$33938.43 por lo que el egreso de mantenimiento sería equivalente a  $\$33938.43 * 5\% = \$1696.92$  para un periodo de 5 años. En la Tabla 61 se indica el egreso anual correspondiente a los gastos de operación y mantenimiento de la red óptica.

**Tabla 61**

*Egresos totales referentes a los gastos de operación y mantenimiento para el diseño de la red XG-PON*

<b>Egresos totales de operación y mantenimiento</b>			
Ítem	Costo anual	Periodo	Total
O&M	\$339.38	5 años	\$1696.92

Fuente: Autoría propia

### **5.1.2. Ingresos del proyecto**

Para obtener los ingresos del proyecto, se debe hacer un cálculo de los activos que generarán ganancia a futuro en un periodo de 5 años para la empresa, y se llega a esta conclusión debido a que en una entrevista que se tuvo con el dueño de la empresa se establece un periodo de ganancia aproximado como mínimo a partir de los 5 años de haber implementado el proyecto con una inversión aproximada entre \$30000.00 y \$35000.00, que van acorde a la inversión total calculada (Pozo, Entrevista sobre costo de inversión y periodo de retorno de ganancia, 2021).

Como bien se ha indicado en el capítulo 3: situación actual, la empresa Alfatel no ofrece actualmente el servicio de internet a la parroquia de Cristóbal Colón enfocándose en los barrios San Miguel y San Vicente. Por lo que el cálculo para obtener los ingresos futuros de la empresa es en base al plan de navegación que se va a ofrecer considerado como el más básico que es de 50 Mbps a un costo de \$35, que esta información se logró concluir al analizar a detalle la encuesta realizada y que se explica en el capítulo 3 de la presente investigación.

Dicho plan va acorde al nivel de satisfacción de los abonados en la actualidad y se hace un análisis coherente a continuación. Adicionalmente se tiene el ingreso de instalación del servicio.

**5.1.2.1. Ingresos totales por prestación de servicio.** Para calcular los ingresos totales que se pueden obtener del desarrollo del presente proyecto se hace uso en primer lugar del plan básico que se va a ofertar que es de 50 Mbps a un costo de \$35, dando un margen a un posible incremento del plan y un coste nuevo para crear otro plan de navegación aparte del plan básico, para un total de 119 abonados proyectados.

Dicho análisis va relacionado con el nivel de satisfacción de los abonados actuales del servicio de internet. Como bien se indica en la Tabla 14, existe un rango entre 1 y 5 para determinar el nivel de satisfacción y este enfoque es importante porque se toma como referencia el siguiente criterio; que el 27% puede acceder al servicio entre el primer y segundo año, el 39% accedería entre el tercer y cuarto año, el 22% accedería entre el quinto y sexto, el 8% accedería entre el séptimo y octavo año; y finalmente el 2% accedería entre el noveno y décimo año.

En base a este análisis en la Tabla 62 se indica los ingresos por año del total de posibles abonados para el plan básico de 50 Mbps a un precio de \$35.

**Tabla 62**

*Ingresos totales referentes a la prestación del servicio para el diseño de la red XG-PON*

<b>Ingresos por prestación del servicio</b>					
Año	# Clientes	Costo del plan	Ingreso mensual	Ingreso por cada 2 años	Ingreso cada 2 años acumulado
1er año	33	\$35	\$1155.00	\$27720.00	\$27720.00
2do año					
3er año	47		\$1645.00	\$39480.00	\$94920.00
4to año					
5to año	26		\$910.00	\$21840.00	\$183960.00
6to año					
7mo año	10		\$350.00	\$8400.00	\$281400.00
8vo año					
9no año	3		\$105.00	\$2520.00	\$381360.00
10mo año					
Al cabo de 10 años				\$99960.00	\$381360.00

Fuente: Autoría propia

**5.1.2.2. Ingresos totales por instalación.** Ahora bien, una vez que se calculó los ingresos de la prestación del servicio para los 10 años, se debe calcular los ingresos por la instalación del servicio, para lo cual se hace uso de la tarifa actual que emplea la empresa Alfatel, este valor de instalación se lo obtuvo en una entrevista realizada con el dueño de la empresa (Pozo, Entrevista sobre costo de inversión y periodo de retorno de ganancia, 2021). En la Tabla 63 se indica los ingresos por años.

**Tabla 63**

*Ingresos totales referentes a la instalación del servicio para el diseño de la red XG-PON*

<b>Ingresos por instalación</b>			
Año	# Clientes	Costo del plan	Ingreso cada 2 años
1er año	33		\$1650.00
2do año			
3er año	47		\$2350.00
4to año			
5to año	26	\$50	\$1300.00
6to año			
7mo año	10		\$500.00
8vo año			
9no año	3		\$150.00
10mo año			
Total 10 años			\$5950.00

Fuente: Autoría propia

### ***5.1.3. Egresos e ingresos totales***

Ahora se debe de indicar la totalidad de los egresos y los ingresos que se han calculado para establecer el flujo de caja acorde a cada aspecto que se ha considerado para establecer la inversión y la ganancia del proyecto. En la Tabla 64 se indican los egresos y los ingresos totales acumulados, y a partir de estos se obtiene el flujo de caja para un periodo de 10 años. Cabe mencionar que según indica Váquiro C. (2019), no existe ningún inconveniente al restar los ingresos anuales cada dos años a los egresos anuales cada año, por la razón de que al ser los egresos constantes (a excepción de la inversión inicial), se pueden sumar cada dos años para obtener un egreso a este periodo y el flujo de cada total se de en función de un periodo de dos años, lo que también se puede traducir dividiendo el flujo de cada dos años en sumas iguales para cada año respectivamente; todo depende desde la perspectiva de cómo se considere la llegada de los nuevos abonados a la empresa. Para este enfoque se consideró el peor de los casos, donde

cada nivel de satisfacción indicaría que los potenciales abonados se cambiarían al servicio de la empresa cada dos años, esto para ir acorde a los 10 años del periodo de crecimiento de abonados y los 5 niveles de satisfacción de los abonados en la actualidad.

Los ítems que se indican en la Tabla 64 corresponden a los siguientes egresos e ingresos:

- Ítem 1 = egresos de inversión
- Ítem 2 = egresos de salarios
- Ítem 3 = egresos de movilización
- Ítem 4 = egresos de operación y mantenimiento
- Ítem 5 = ingresos de prestación de servicio cada 2 años acumulado
- Ítem 6 = ingresos de instalación de servicio

**Tabla 64**

*Egresos e Ingresos totales por cada año obteniendo el flujo de caja neto por cada año*

Años	Egresos totales					Ingresos totales			Flujo de caja
	Ítem 1	Ítem 2	Ítem 3	Ítem 4	Total	Ítem 5	Ítem 6	Total, acumulado	
0	\$33938.43	\$10200.0	\$2880.0	\$0.0	\$47026.43	\$0.00	\$0.00	\$0.00	-\$47026.43
1									
2	\$0.0	\$20400.0	\$5760.0	\$678.76	\$26838.76	\$27720.00	\$1650.00	\$29370.00	2531.24
3									
4	\$0.0	\$20400.0	\$5760.0	\$678.76	\$26838.76	\$94920.00	\$2350.00	\$97270.00	70431.24
5									
6	\$0.0	\$20400.0	\$5760.0	\$678.76	\$26838.76	\$183960.00	\$1300.00	\$185260.00	158421.24
7									
8	\$0.0	\$20400.0	\$5760.0	\$678.76	\$26838.76	\$281400.00	\$500.00	\$281900.00	255061.24
9									
10	\$0.0	\$20400.0	\$5760.0	\$678.76	\$26838.76	\$381360.00	\$150.00	\$381510.00	354671.24

Fuente: Autoría propia

## 5.2. Valor presente neto

Según como lo define (Váquiro C., 2019), el valor presente neto es un método que permite evaluar proyectos a largo plazo, es decir, si son rentables para invertir o no lo son. El valor presente neto puede tomar tres aportes significativos. El primero es cuando el VPN es

positivo lo que indica que el proyecto a invertir es viable a largo plazo; el segundo es cuando el VPN es igual a cero lo que indica que el proyecto no genera ganancias ni pérdidas y se vuelve no viable; y el tercero si el VPN es negativo lo que indica que el proyecto aparte de no ser viable debe ser descartado.

En la Ecuación [ 32 ] se observa la fórmula para calcular el VPN.

$$VPN = \sum_{t=1}^n \frac{FNE}{(1+i)^t} - I_0 \quad \text{Ecuación [ 32 ]}$$

Donde;

- VPN= Valor presente neto
- t= Periodo
- FNE= Flujo neto de efectivo
- I<sub>0</sub>= Inversión inicial

Cabe mencionar que se hará uso del interés del 7.39% anual a enero del 2022 y que este valor puede estar sujeto a cambios según lo indica el Banco Central del Ecuador (2022).

También el periodo t será para 10 años en incrementos de cada 2 años. De este modo en la ecuación Ecuación [ 33 ] se observa el VPN obtenido.

$$\begin{aligned}
 VPN &= \frac{2531.24}{(1+7.39\%)^2} + \frac{70431.24}{(1+7.39\%)^4} + \frac{158421.24}{(1+7.39\%)^6} + \frac{255061.24}{(1+7.39\%)^8} + \frac{354671.24}{(1+7.39\%)^{10}} \\
 &\quad - 47026.43 \\
 VPN &= \frac{2531.24}{1.15} + \frac{70431.24}{1.33} + \frac{158421.24}{1.53} + \frac{255061.24}{1.77} + \frac{354671.24}{2.04} - 47026.43 \\
 VPN &= 2201.08 + 52955.82 + 103543.29 + 144102.40 + 173858.45 - 47026.43 \\
 VPN &= 429634.61 \quad \text{Ecuación [ 33 ]}
 \end{aligned}$$

Como se obtiene un VPN mayor a cero, este dato indica que el proyecto es viable ya que si genera un valor presente neto positivo, es decir que si puede generar ganancias a largo plazo. Y es justamente este aspecto el que también debe ser calculado y analizado para obtener un periodo de retorno de la inversión del proyecto.

### 5.3. Periodo de recuperación de la inversión.

Según lo indica Ucañán Leyton (2015), en todo proyecto del cual se va a invertir se espera saber cuál es el periodo de recuperación económica, este proceso se denomina periodo de Payback o periodo de recuperación de la inversión definido en sus siglas como PRI, lo cual explica que entre más corto sea el tiempo de recuperación de la inversión menos riesgoso es el proyecto.

Para calcular el PRI se debe ir sumando los flujos de caja de cada año a la inversión inicial hasta obtener un valor positivo del PRI. En la Ecuación [ 34 ] se observa este proceso.

$$\text{valor (+) o (-) del PRI} = -47026.43 + 2531.24$$

$$\text{valor (+) o (-) del PRI} = -44495.19 + 70431.24$$

$$\text{valor (+) o (-) del PRI} = 25936.05 + 158421.24$$

$$\text{valor (+) o (-) del PRI} = 184357.29 \qquad \text{Ecuación [ 34 ]}$$

Como se observa el último valor negativo es en el periodo de 3 a 4 años, por lo que para calcular el PRI se hace uso de la Ecuación [ 35 ], donde;

- a = Periodo del último flujo negativo
- b = Valor absoluto del último flujo negativo
- c = Valor del flujo de cada del siguiente periodo

$$PRI = a + \frac{|b|}{c} \quad \text{Ecuación [ 35 ]}$$

$$PRI = 4 + \frac{|-44495.19|}{158421.24}$$

$$PRI = 4 + 0.28$$

$$PRI = 4.28 \text{ años}$$

En la Ecuación [ 35 ] se obtiene el PRI. Sin embargo, para obtener un valor más exacto del periodo de retorno se debe hacer una conversión. Primero se convierte los 0.28 años en meses mediante  $0.28 \text{ años} * \frac{12 \text{ meses}}{1 \text{ años}} = 3.36 \text{ meses}$ . Y luego se convierten los 0.36 meses a días mediante  $0.36 \text{ meses} * \frac{30 \text{ días}}{1 \text{ mes}} = 11 \text{ días}$ .

De este modo el PRI se obtiene para 4 años con 3 meses y 11 días del tiempo de inicio de la inversión total.

#### 5.4. Resumen de análisis del VPN y PRI

El análisis al que se llega es que el VPN obtenido es un valor positivo, es decir mayor a cero por lo que este dato indicaría que invertir en este proyecto es rentable a largo plazo, el cual después de un cierto periodo va a comenzar a generar ganancias.

De modo que existe un periodo muy aproximado al que el proyecto sea rentable y comienza a generar ingresos a la empresa, este valor se conoce como PRI y se lo obtuvo con el siguiente resultado; un periodo de retorno de inversión de 4 años con 3 meses y 11 días; es decir que a partir de este periodo en adelante la inversión que se haya realizado para el proyecto será recuperada y además generará ganancias.

Este aspecto es importante analizar, porque va acorde a lo mencionado por el dueño de la empresa el señor Pozo Marco, en la Entrevista sobre costo de inversión y periodo de retorno de ganancia (2021) que hizo referencia a la inversión que se realiza en redes similares en el aspecto de costos y que generalmente se tiene un retorno de inversión a partir del 5to año para un presupuesto aproximado entre \$30000.00 y \$35000.00.

Aunque el dimensionamiento haya sido para 10 años, este enfoque se debe a la tasa de incremento de abonados anual es baja como se lo indica en el apartado 3.3.3. que hace referencia a la proyección de abonados para los barrios San Miguel y San Vicente, lo que indicaría que, si inicialmente se dimensionaba la red para los 5 años, el proyecto no hubiera sido viable y, además, el retorno de inversión no fuera para un periodo de 5 años.

Es así que se llega a la conclusión final de dimensionar el diseño de la red óptica para los 10 años como se lo establece en el apartado 3.3.3. de la presente investigación, debido a que de esta manera se establecía un criterio acertado sobre los potenciales abonados que migrarían a la empresa Alfatel. Este enfoque es coherente considerando que la tasa de crecimiento de abonados anual para los barrios San Miguel y San Vicente es pequeña.

## 6. Conclusiones

Al culminar el presente proyecto, se concluye que el diseño realizado cumple con los requerimientos de calidad para una red óptica de punta sobre la arquitectura FTTH con tecnología XG-PON, esto debido a que el diseño de la red es realizado estudiando la situación actual de los barrios San Miguel y San Vicente en donde se analiza las exigencias de los residentes de un ancho de banda de 50 Mbps y el costo sobre el cual se ha establecido el plan básico a un precio de \$35 considerando las tasas de crecimiento de la proyección de abonados y de población respectivamente.

Se concluye que el dimensionamiento de la red de fibra óptica de arquitectura FTTH con tecnología XG-PON realizado a un lapso de 10 años es coherente por que va acorde a la tasa de crecimiento anual de abonados en los barrios San Miguel y San Vicente la cual es baja, y esto se debe a que para ese periodo de proyección se podrá dar cobertura del servicio de Internet a los 119 potenciales abonados, considerando un total de 256 usuarios para el cual se ha realizado el diseño de la red óptica.

También se llega a la conclusión de que los equipos activos de marca Huawei se acoplan adecuadamente a la operatividad de la red óptica, esto debido a que después de realizar una búsqueda detallada de los equipos (OLT y ONT) y ponerse en contacto con el asesor de venta de la tienda en línea 'Telecomate' se selecciona tanto la OLT del modelo MA5800-X2 que usa la tarjeta óptica H901XGHD y también se escoge la ONT del modelo HN8546X6, los cuales cumplen con los requisitos que demanda la tecnología XG-PON clase N1, lo que establece un funcionamiento óptimo de la red para la arquitectura FTTH.

Además, se concluye que los equipos pasivos deben ser seleccionados minimizando siempre los recursos de equipamiento y de costos, es así que todos los componentes pasivos de la red óptica son seleccionados acorde a los requisitos necesarios de la tecnología XG-PON, por ejemplo en la red Dispersión, se usa un cable de fibra óptica G.957.A2 de un solo hilo de fibra debido al bajo costo para este cable y como la longitud de esta red es de 26 km el costo total es de \$6500, sin embargo si se usara un cable de dos hilos el precio al menos se duplicaría; de esta forma se tiene un costo de inversión menor lo que indica que el PRI será menor.

Finalmente, se concluye que el proyecto presente sobre el diseño de la red de fibra óptica para los barrios San Miguel y San Vicente es rentable para una inversión de \$33938.43, esto se debe a que al obtener un VPN igual a 429634.61 que es un valor mayor a cero indica que el proyecto es viable, de este modo se tiene además que el periodo de retorno de la inversión es de 4 años con 3 meses y 11 días; por lo que la relación 'costo – tiempo de retorno' van acorde a lo indicado por el dueño de la empresa Alfatel que para proyectos de presupuesto económico similar el retorno de inversión es de 5 años.

## 7. Recomendaciones

Respecto al estudio de la situación actual, es recomendable saber de forma clara las exigencias de los residentes, debido a que a partir de estos requerimientos de los potenciales abonados se realiza el diseño adecuado de la red óptica, es así que en este proyecto el único interés fue el ancho de banda que requieren los residentes y el costo que pagarían por ese plan de navegación.

El presente proyecto fue realizado considerando las mejores prestaciones de cada componente activo y pasivo de la red, por lo que se recomienda analizar las necesidades de la red óptica que se vaya a diseñar, y en base a este aspecto obtener los componentes más adecuados para la red, ya que el costo de cada elemento puede variar desde usar un solo hilo de fibra o dos hilos de fibra óptica en la red Dispersion hasta el tipo de OLT y ONT a usar.

Para el diseño de la red óptica, al usar el software RedFTTH, es necesario identificar cada nodo o NAP a los que se les vaya a dar un uso, es decir, splitter de primer o segundo nivel o también puede ser una reserva, debido a que no basta con solamente colocar los componentes, sino también se debe saber la función que desempeña cada uno de ellos, desde la OLT, hasta la ONT, cada red de la arquitectura FTTH y que color y número de hilo de fibra óptica se va a usar para cada segmento de redes Feeder y Distribución.

Otro aspecto que se debe considerar y que se recomienda, es que al simular la red de fibra óptica en el software OptiSystem se debe usar exclusivamente los componentes necesarios en el caso de que el objetivo sea saber la potencia de recepción en la ONT, debido a que este software posee grandes ventajas y funciones, sin embargo si no se conoce correctamente cómo funcionan cada componente no se puede obtener los resultados esperados al momento de simular la red, por

lo que generalmente en redes FTTH diseñadas en el software OptiSystem solo deben usarse un CW laser y un Photodetector PIN, ya que son los únicos elementos activos que se usan en la red óptica y el resto de elementos pasivos.

Finalmente, se recomienda como el aspecto más relevante realizar los cálculos de presupuesto de potencia y de pérdida óptica de acuerdo a la normativa de la tecnología de red óptica sobre la cual se esté trabajando, debido a que calcular de forma precisa las pérdidas ópticas de cada componente pasivo en la red óptica permite dimensionar si las potencias emitidas por la OLT hasta el cliente más lejano más cercano se encuentran dentro del rango aceptable, es así que este cálculo se lo debe hacer utilizando los valores máximos de atenuación para cada componente debido a que de esta manera se obtendrá una atenuación total para el peor de los casos y si la red funciona de esa forma, se entiende que debería funcionar para el caso óptimo.

## 8. Referencias

Aguilar-Barojas, S. (2005). Fórmulas para el cálculo de la muestra en investigaciones de salud.

*Salud en Tabasco*, 4.

Alea Soluciones. (05 de octubre de 2017). *Tipos de SFP GPON*. Obtenido de Alea Shop:

<https://www.aleashop.es/blog/2017/10/05/sfp-gpon/>

Alibaba. (2022). *Huawei SmartAX MA5800 X2*. Obtenido de Alibaba:

[https://spanish.alibaba.com/product-detail/brand-new-huawei-smartax-ma5800-x2-2u-](https://spanish.alibaba.com/product-detail/brand-new-huawei-smartax-ma5800-x2-2u-small-olt-mini-gpon-epon-4-10ge-uplink-ma5800-x2-ma5800x2-62157415956.html?spm=a2700.7724857.normal_offer.d_image.38ed2897n6Uksu&s=p)

[small-olt-mini-gpon-epon-4-10ge-uplink-ma5800-x2-ma5800x2-](https://spanish.alibaba.com/product-detail/brand-new-huawei-smartax-ma5800-x2-2u-small-olt-mini-gpon-epon-4-10ge-uplink-ma5800-x2-ma5800x2-62157415956.html?spm=a2700.7724857.normal_offer.d_image.38ed2897n6Uksu&s=p)

[62157415956.html?spm=a2700.7724857.normal\\_offer.d\\_image.38ed2897n6Uksu&s=p](https://spanish.alibaba.com/product-detail/brand-new-huawei-smartax-ma5800-x2-2u-small-olt-mini-gpon-epon-4-10ge-uplink-ma5800-x2-ma5800x2-62157415956.html?spm=a2700.7724857.normal_offer.d_image.38ed2897n6Uksu&s=p)

Alibaba. (2022). *HUAWEI-equipo OLT MA5800 X2*. Obtenido de Alibaba:

[https://spanish.alibaba.com/product-detail/hot-sale-good-quality-huawei-ma5800-x2-x7-](https://spanish.alibaba.com/product-detail/hot-sale-good-quality-huawei-ma5800-x2-x7-x15-x17-olt-equipment-gpon-olt-1600332057682.html?spm=a2700.7724857.normal_offer.d_image.38ed2897n6Uksu)

[x15-x17-olt-equipment-gpon-olt-](https://spanish.alibaba.com/product-detail/hot-sale-good-quality-huawei-ma5800-x2-x7-x15-x17-olt-equipment-gpon-olt-1600332057682.html?spm=a2700.7724857.normal_offer.d_image.38ed2897n6Uksu)

[1600332057682.html?spm=a2700.7724857.normal\\_offer.d\\_image.38ed2897n6Uksu](https://spanish.alibaba.com/product-detail/hot-sale-good-quality-huawei-ma5800-x2-x7-x15-x17-olt-equipment-gpon-olt-1600332057682.html?spm=a2700.7724857.normal_offer.d_image.38ed2897n6Uksu)

Alibaba. (2022). *HW SmartAX MA5800 X2*. Obtenido de Alibaba:

[https://spanish.alibaba.com/product-detail/hw-smartax-ma5800-x2-2u-small-olt-mini-](https://spanish.alibaba.com/product-detail/hw-smartax-ma5800-x2-2u-small-olt-mini-gpon-epon-4-10ge-uplink-ma5800-x2-62496172937.html?spm=a2700.7724857.normal_offer.d_image.38ed2897n6Uksu&s=p)

[gpon-epon-4-10ge-uplink-ma5800-x2-](https://spanish.alibaba.com/product-detail/hw-smartax-ma5800-x2-2u-small-olt-mini-gpon-epon-4-10ge-uplink-ma5800-x2-62496172937.html?spm=a2700.7724857.normal_offer.d_image.38ed2897n6Uksu&s=p)

[62496172937.html?spm=a2700.7724857.normal\\_offer.d\\_image.38ed2897n6Uksu&s=p](https://spanish.alibaba.com/product-detail/hw-smartax-ma5800-x2-2u-small-olt-mini-gpon-epon-4-10ge-uplink-ma5800-x2-62496172937.html?spm=a2700.7724857.normal_offer.d_image.38ed2897n6Uksu&s=p)

Alibaba. (2022). *HW XGPON UU HN8546X6*. Obtenido de Alibaba:

[https://spanish.alibaba.com/product-detail/new-hw-xgpon-onu-hn8546x6-gigabit-wifi6-](https://spanish.alibaba.com/product-detail/new-hw-xgpon-onu-hn8546x6-gigabit-wifi6-wireless-fiber-cat-home-office-1600433584857.html?spm=a2700.galleryofferlist.normal_offer.d_image.3c2e9db7bxAF)

[wireless-fiber-cat-home-office-](https://spanish.alibaba.com/product-detail/new-hw-xgpon-onu-hn8546x6-gigabit-wifi6-wireless-fiber-cat-home-office-1600433584857.html?spm=a2700.galleryofferlist.normal_offer.d_image.3c2e9db7bxAF)

[1600433584857.html?spm=a2700.galleryofferlist.normal\\_offer.d\\_image.3c2e9db7bxAF](https://spanish.alibaba.com/product-detail/new-hw-xgpon-onu-hn8546x6-gigabit-wifi6-wireless-fiber-cat-home-office-1600433584857.html?spm=a2700.galleryofferlist.normal_offer.d_image.3c2e9db7bxAF)

Nm

- Amazon. (2021). *Amazon*. Obtenido de GPON ONU: <https://www.amazon.com/-/es/%C3%B3ptica-puerto-alimentaci%C3%B3n-apt210g-apttek/dp/B075N627GY>
- Andrade, F. (17 de agosto de 2020). *cablecom*. Obtenido de ¿Qué es el cable de fibra óptica?: <https://www.cablecom.com.ec/post/qu%C3%A9-es-el-cable-de-fibra-%C3%B3ptica>
- ARCOTEL. (2020). *ARCOTEL*. Obtenido de <https://www.telecomunicaciones.gob.ec/el-carchi-se-beneficia-con-la-revolucion-tecnologica/>
- ARCOTEL. (2021). *ARCOTEL*. Obtenido de <http://www.arcotel.gob.ec/contactos-de-proveedores-del-servicio-internet/>
- Asesor de ventas - TELECOMATE. (27 de diciembre de 2021). Cotización OLT y ONT. San Gabriel, Carchi, Ecuador.
- Asesor de ventas - TELECOMATE. (28 de Febrero de 2022). Cotización tarjeta óptica. San Gabriel, Carchi, Ecuador.
- Banco Central del Ecuador. (enero de 2022). *Tasas de interés*. Obtenido de contenido bce: <https://contenido.bce.fin.ec/documentos/Estadisticas/SectorMonFin/TasasInteres/Indice.htm>
- Bolaños, H. D. (2017). *Trabajo de Grado*. Obtenido de Repositorio de la Universidad Técnica del Norte: <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/6449/1/04%20RED%20149%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf>
- Bolaños, M. G. (10 de noviembre de 2021). Entrevista sobre el números de viviendas en los barrios San Miguel y San Vicente. (S. Bolaños, Entrevistador)
- Borissora, J. (13 de noviembre de 2013). *Propagación de la Luz*. Obtenido de INSTITUTO DE FÍSICA Y ASTRONOMÍA : [https://www.ifa.uv.cl/~jura/Fisica\\_II/semanaX\\_1.pdf](https://www.ifa.uv.cl/~jura/Fisica_II/semanaX_1.pdf)

Cabezas, A. F., & Pinto García, R. A. (2014). *Sistemas de comunicaciones ópticas*. Universidad Militar Nueva Granada.

Cid, A. (11 de mayo de 2011). *Física II*. Obtenido de Facultad de Ciencias Universidad del Bío Bío: [http://ciencias.ubiobio.cl/fisica/wiki/uploads/AntonellaCid/F2\\_14.pdf](http://ciencias.ubiobio.cl/fisica/wiki/uploads/AntonellaCid/F2_14.pdf)

Consultoría Grupo ACME. (2015). *Actualización Del Plan De Desarrollo Y Ordenamiento Territorial De La Parroquia Cristóbal Colón*.

Corporación Nacional de Telecomunicaciones - CNT. (2012). *NORMAS DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE REDES DE TELECOMUNICACIONES*. Quito: CNT.

Cuasapas, P. (2020). *Informe de Conectividad Parroquia Cristóbla Colón*. San Gabriel.

del Pago Aguas, A. (2017). *Sigma Network*. Obtenido de Familias de cables de fibra óptica: <https://sigmanetwork.es/familias-cables-fibra-optica>

Didier Váquiro C., J. (2019). *PYMESFUTURO*. Obtenido de <https://www.pymesfuturo.com/vpneto.htm>

DYCO CET S.A. (2017). *DYCO CET S.A.* Obtenido de Patch Cords y Pigtailes: <https://www.dycocet.com/prod-patch-pigtail.html>

Elena, G. (febrero de 2007). *Procesos y Medios de Comunicación*. Obtenido de Preparadores de Oposiciones: <https://www.preparadores.eu/temamuestra/Secundaria/PMC.pdf>

Fiber Optic Center. (11 de agosto de 2021). *Empalme de cable de fibra óptica explicado*.

Obtenido de Fiber Optic Center: Hay 2 métodos de empalme, mecánico o fusión. Ambos métodos proporcionan una pérdida de inserción mucho menor en comparación con los conectores de fibra.

FIBERCO. (2016). *FIBERCO*. Obtenido de Cables de Fibra Óptica: <https://www.fiberco.es/productos/cables-de-fibra-optica/>

FOCC. (05 de octubre de 2020). *FOCC*. Obtenido de Manga de empalme de fibra óptica:

<http://www.fibresplitter.com/news/fiber-optic-splice-sleeve-38954613.html#:~:text=La%20definici%C3%B3n%20formal%20es%3A%20un,de%20empalmes%20de%20fibra%20%C3%B3ptica.>

FS Community. (09 de julio de 2021). *¿Es la fibra monomodo G.652 tu mejor opción?* Obtenido

de FS Community: <https://community.fs.com/es/blog/is-g652-single-mode-fiber-your-right-choice.html>

GAD Montúfar. (2015). *Plan De Desarrollo Y Ordenamiento Territorial Cantón Montúfar*. San

Gabriel. Obtenido de Plan De Desarrollo Y Ordenamiento Territorial Cantón Montúfar

GAD Montúfar. (2016). *Plan De Desarrollo Y Ordenamiento Territorial 2011-2031 Del Cantón*

*Montúfar*. San Gabriel.

GAD Parroquial Cristóbal Colón. (2015). *Actualización del Plan de Desarrollo y Ordenamiento*

*Territorial*. Quito: Consultoría Grupo ACME. Obtenido de Actuali.

GAD Parroquial Cristobál Colón. (marzo de 2020). *cristobalcolon*. Obtenido de cartografía:

<https://cristobalcolon.gob.ec/wp-content/uploads/2020/03/Ubicaci%C3%B3n-1450x2048.png>

GAD Parroquial Cristobál Colón. (marzo de 2020). *cristobalcolon*. Obtenido de cartografía:

<https://cristobalcolon.gob.ec/wp-content/uploads/2020/03/Mapa-base-1-1450x2048.png>

Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Montúfar - GADCM. (2020). *gadmontufar*.

Obtenido de Actualización del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial :

<http://www.gadmontufar.gob.ec/archivos/PDOT2020-2035.pdf>

Google Maps. (18 de diciembre de 2021). *Google*. Obtenido de Google Maps:

<https://www.google.es/maps/@0.6081806,-77.8124434,1119m/data=!3m1!1e3!5m1!1e4>

Google Maps. (20 de diciembre de 2021). *Google*. Obtenido de Google Maps:

<https://www.google.es/maps/@0.6082059,-77.8130089,965m/data=!3m1!1e3>

Google Maps. (10 de diciembre de 2021). *Google*. Obtenido de Google Maps:

<https://www.google.es/maps/@0.6082135,-77.8154336,1152m/data=!3m1!1e3>

Grazzini, H. O. (2020). *Fibras ópticas: conceptos teóricos y aplicaciones prácticas*. Universitas.

doi:<https://elibro.net/es/ereader/utnorte/175155>

Gupta, H., Gupta, P., Kumar, P., Kumar Gupta, A., & Kumar Mathur, P. (2018). Passive Optical

Networks: Review and Road Ahead. *TENCON 2018-2018 IEEE Región 10* (pág. 922).

Jeju: IEEE.

Huawei Technologies Co., Ltd . (21 de junio de 2019). *Aprendiendo los conceptos de OLT, ONU*

y *ONT*. Obtenido de Huawei: [https://forum.huawei.com/enterprise/es/aprendiendo-los-](https://forum.huawei.com/enterprise/es/aprendiendo-los-conceptos-de-olt-onu-y-ont/thread/540747-100275)

[conceptos-de-olt-onu-y-ont/thread/540747-100275](https://forum.huawei.com/enterprise/es/aprendiendo-los-conceptos-de-olt-onu-y-ont/thread/540747-100275)

Huawei Technologies Co., Ltd. . (2021). *Cinco especificaciones y estándares para el*

*presupuesto de energía del puerto GPON óptico*. Obtenido de Huawei:

[https://forum.huawei.com/enterprise/es/cinco-especificaciones-y-est%C3%A1ndares-](https://forum.huawei.com/enterprise/es/cinco-especificaciones-y-est%C3%A1ndares-para-el-presupuesto-de-energ%C3%ADa-del-puerto-gpon-%C3%B3ptico/thread/493735-100243)

[para-el-presupuesto-de-energ%C3%ADa-del-puerto-gpon-%C3%B3ptico/thread/493735-](https://forum.huawei.com/enterprise/es/cinco-especificaciones-y-est%C3%A1ndares-para-el-presupuesto-de-energ%C3%ADa-del-puerto-gpon-%C3%B3ptico/thread/493735-100243)

[100243](https://forum.huawei.com/enterprise/es/cinco-especificaciones-y-est%C3%A1ndares-para-el-presupuesto-de-energ%C3%ADa-del-puerto-gpon-%C3%B3ptico/thread/493735-100243)

Huawei Technologies Co., Ltd. . (2022). *10G PON ONT*. Obtenido de Huawei:

[https://support.huawei.com/carrier/navi?coltype=product#allProduct=true&col=product&](https://support.huawei.com/carrier/navi?coltype=product#allProduct=true&col=product&path=PBI1-252301455/PBI1-252303293/allProduct=true&col=product&path=PBI1-252301455/PBI1-252303293/PBI1-23709862/PBI1-22318684&pbi=PBI1-22318684)

[path=PBI1-](https://support.huawei.com/carrier/navi?coltype=product#allProduct=true&col=product&path=PBI1-252301455/PBI1-252303293/allProduct=true&col=product&path=PBI1-252301455/PBI1-252303293/PBI1-23709862/PBI1-22318684&pbi=PBI1-22318684)

[252301455/PBI1-252303293/PBI1-23709862/PBI1-22318684&pbi=PBI1-22318684](https://support.huawei.com/carrier/navi?coltype=product#allProduct=true&col=product&path=PBI1-252301455/PBI1-252303293/allProduct=true&col=product&path=PBI1-252301455/PBI1-252303293/PBI1-23709862/PBI1-22318684&pbi=PBI1-22318684)

INEC. (2016). *Tecnologías de la Información y Comunicaciones*. Ecuador.

ISP. (17 de noviembre de 2021). Número de abonados. (S. B. Erazo, Entrevistador)

Julio, E. (2021). *Universidad del Centro de Estudios Macroeconómicos de Argentina*. Obtenido de Análisis de Oferta y Demanda:

<https://ucema.edu.ar/u/je49/microeconomia/ofertaydemanda.pdf>

Keynet Sistemas Profesionales. (2019). *Bandejas fibra - ODF*. Obtenido de Keynet Systems:

[https://keynet-systems.com/tienda/es/bandejas-fibra/1891-bandejas-fibra.html?search\\_query=ODFK-C-1U&results=1](https://keynet-systems.com/tienda/es/bandejas-fibra/1891-bandejas-fibra.html?search_query=ODFK-C-1U&results=1)

Keynet Sistemas Profesionales. (2019). *Cable 4fo SM G657A2 900u*. Obtenido de Keynet

Systems: [https://keynet-systems.com/tienda/es/f1a-cables-fibra-sm-interiorexterior-/1649-f1a-04a-dln.html?search\\_query=F1A-04A&results=1](https://keynet-systems.com/tienda/es/f1a-cables-fibra-sm-interiorexterior-/1649-f1a-04a-dln.html?search_query=F1A-04A&results=1)

Keynet Sistemas Profesionales. (2019). *Cable 8fo holgada G652D*. Obtenido de Keynet

Systems: [https://keynet-systems.com/tienda/es/f21-cables-fibra-sm-holgada-monotubodoble-cubierta-pe-exterior-/741-cable-fibra-monomodo-g652d-holgada-doble-cubierta.html?search\\_query=f21&results=8](https://keynet-systems.com/tienda/es/f21-cables-fibra-sm-holgada-monotubodoble-cubierta-pe-exterior-/741-cable-fibra-monomodo-g652d-holgada-doble-cubierta.html?search_query=f21&results=8)

Keynet Sistemas Profesionales. (2019). *Cable plano 1 Fo acometida SM*. Obtenido de Keynet

Systems: [https://keynet-systems.com/tienda/es/cables-fibra-sm-para-acometidas-cubierta-plana-interiorexterior-/1631-cable-plano-1-fo-acometida-sm-.html?search\\_query=F80P-01A-LN-BR&results=1](https://keynet-systems.com/tienda/es/cables-fibra-sm-para-acometidas-cubierta-plana-interiorexterior-/1631-cable-plano-1-fo-acometida-sm-.html?search_query=F80P-01A-LN-BR&results=1)

Keynet Sistemas Profesionales. (2019). *Caja distribución 12 p para adaptadores*. Obtenido de

Keynet Systems: <https://keynet-systems.com/tienda/es/cajas-distribucion-ftth-ip65/766-caja-ftth-exterior-ip65-pc-gris.html>

Keynet Sistemas Profesionales. (2019). *Caja FTTh 4p/16p 16adapt SC/APC incl+splitter 1x16*.

Obtenido de Keynet Systems: <https://keynet-systems.com/tienda/es/cajas-distribucion->

ftth-ip65/650-caja-ftth-exterior-ip65-pc-gris-16adapt-  
1x16splitters.html?search\_query=FDO-4016B-116&results=1

Keynet Sistemas Profesionales. (2019). *Caja terminal FTTh 2 tapa abatible y clamp*. Obtenido de Keynet Systems: [https://keynet-systems.com/tienda/es/cajas-rosetas-terminales-uso-interior/750-roseta\\_con\\_clamp\\_metalico.html?search\\_query=FTB&results=9](https://keynet-systems.com/tienda/es/cajas-rosetas-terminales-uso-interior/750-roseta_con_clamp_metalico.html?search_query=FTB&results=9)

Keynet Sistemas Profesionales. (2019). *Pigtail SC/APC SM 2mt*. Obtenido de telecomate: [https://keynet-systems.com/tienda/es/pigtails-sm-g657a2/792-pigtail-sc-apc-sm-15mt.html?search\\_query=TF-PSA12-Y02&results=1](https://keynet-systems.com/tienda/es/pigtails-sm-g657a2/792-pigtail-sc-apc-sm-15mt.html?search_query=TF-PSA12-Y02&results=1)

Keynet Sistemas Profesionales. (2019). *Protector empalme fusion fibra*. Obtenido de Keynet Systems: [https://keynet-systems.com/tienda/es/empalme-mec%C3%A1nico-y-protector-fusi%C3%B3n/975-protector-empalme-60mm.html?search\\_query=CFSP-B1245-CR&results=1](https://keynet-systems.com/tienda/es/empalme-mec%C3%A1nico-y-protector-fusi%C3%B3n/975-protector-empalme-60mm.html?search_query=CFSP-B1245-CR&results=1)

Keynet Sistemas Profesionales. (2019). *Quienes somos*. Obtenido de Keynet Systems: <https://keynet-systems.com/quienes-somos/>

Keynet Sistemas Profesionales. (2019). *Repartidor optico fibra con conectores SC*. Obtenido de Keynet Systems: [https://keynet-systems.com/tienda/es/repartidores-plc-mini-fibra-900um-con-conectores-sc/242-repartidor-optico-fibra-ajustada-1x16.html?search\\_query=SOP-B116-SA&results=1](https://keynet-systems.com/tienda/es/repartidores-plc-mini-fibra-900um-con-conectores-sc/242-repartidor-optico-fibra-ajustada-1x16.html?search_query=SOP-B116-SA&results=1)

Keynet Sistemas Profesionales. (2020). *Catálogo 2020 Fibra Óptica - Cableado Estructurado*. Zaragoza.

Kiziryan, M. (28 de abril de 2015). *Flujo de caja*. Obtenido de economipedia: <https://economipedia.com/definiciones/flujo-de-caja.html>

- La Noticia TV. (14 de octubre de 2020). *La Noticia TV*. Obtenido de <https://www.lanaciontv.ec/index.php/carchi/montufar/item/4614-nuevos-puntos-de-wifi-gratuito-en-el-canton-montufar>
- Llorante, A. (21 de agosto de 2020). *fibraoptica hoy*. Obtenido de Cables breakout compactos para interior y exterior: <https://www.fibraoptica hoy.com/cables-breakout-compactos-para-interior-y-exterior/>
- Malacara, D. (2015). *Óptica Básica* (3.a ed. ed.). FCE - Fondo de Cultura Económica. Obtenido de <https://elibro.net/es/ereader/utnorte/37747?page=34>
- Maldonado Luna, R. D. (2015). *Fibra Óptica*. Obtenido de docplayer: [https://docplayer.es/1677095-Tema-composicion-de-un-sistema-de-comunicacion-basado-en-fibra-optica-linea-de-transmision-por-ella-viaja-la-luz.html#show\\_full\\_text](https://docplayer.es/1677095-Tema-composicion-de-un-sistema-de-comunicacion-basado-en-fibra-optica-linea-de-transmision-por-ella-viaja-la-luz.html#show_full_text)
- Maldonado Téllez, H. (03 de septiembre de 2018). *InTech*. Obtenido de Fibra Óptica para Ambientes y Redes Industriales: <https://www.isamex.org/intechmx/index.php/2018/09/03/fibra-optica-para-ambientes-y-redes-industriales/>
- Martínez, J. L. (20 de agosto de 2018). *La propagación de la luz en la fibra óptica*. Obtenido de prored: <https://www.prored.es/la-propagacion-de-la-luz/>
- Martínez, J. L. (29 de noviembre de 2018). *Ventanas de Transmisión Fibra Óptica*. Obtenido de prored: [https://www.prored.es/ventanas-de-transmision/#Bandas\\_de\\_transmision\\_estandar](https://www.prored.es/ventanas-de-transmision/#Bandas_de_transmision_estandar)
- Ochoa, C. (19 de febrero de 2015). *netquest*. Obtenido de El muestreo: qué es y por qué funciona: <https://www.netquest.com/blog/es/blog/es/muestreo-que-es-porque-funciona>

- Oñate, I. (25 de enero de 2018). *fibraopticahoy*. Obtenido de Cables ribbon de fibra óptica retardantes de la llama: <https://www.fibraopticahoy.com/cables-ribbon-fibra-optica-retardantes-la-llama/>
- Optiwave. (2022). *OptiSystem*. Obtenido de Optiwave: <https://optiwave.com/category/products/system-and-amplifier-design/optisystem/>
- OPTYTECH. (2021). *OPTYTECH*. Obtenido de Mangas FO Lineal: <https://www.optytech.com.ec/fibra-optica/manga-de-empalme-de-fibra-optica-lineal-modelo-gp01-h9jm4.html>
- Ordoñez, A. (29 de agosto de 2015). *adrianordonhes*. Obtenido de Fibra Óptica: <https://adrianordonhes.wordpress.com/2015/08/29/fibra-optica/>
- Ortegon, E., Pacheco, J. F., & Roura, H. (agosto de 2005). *Repositorio CEPAL*. Obtenido de Metodología general de identificación, preparación y evaluación de proyectos de inversión pública : [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/5608/1/S056394\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/5608/1/S056394_es.pdf)
- Paradiso, J. C. (02 de noviembre de 2020). *TECNOLOGÍAS DE REDES PON*. Obtenido de CePETel: [https://www.cepetel.org.ar/wp-content/uploads/2021/07/Unidad-10\\_Tecnologi%CC%81as-en-Redes-PON.pdf](https://www.cepetel.org.ar/wp-content/uploads/2021/07/Unidad-10_Tecnologi%CC%81as-en-Redes-PON.pdf)
- Periódico La Hora. (25 de marzo de 2021). Ecuador tiene más fibra óptica, pero el servicio de internet sigue siendo deficiente. *La Hora*.
- Pozo, M. (15 de Noviembre de 2021). Entrevista sobre costo de inversión y periodo de retorno de ganancia. (S. Bolaños, Entrevistador)
- Pozo, M. (05 de Enero de 2021). Entrevista sobre ingresos de personal operativo y de movilización anualmente. (S. Bolaños, Entrevistador)

- Project Management Institute. (2021). *Project Management Institute*. Obtenido de <https://www.pmi.org/pmbok-guide-standards>
- Promax. (23 de enero de 2019). *Cómo fusionar dos fibras ópticas*. Obtenido de Promax: <https://www.promax.es/esp/noticias/556/como-fusionar-dos-fibras-opticas/>
- Promax. (26 de septiembre de 2019). *Tipos de conectores de fibra óptica: Guía sencilla*. Obtenido de Promax: <https://www.promax.es/esp/noticias/578/tipos-de-conectores-de-fibra-optica-guia-sencilla/>
- RedFTTH. (2021). *Diseño de Red FTTH*. Obtenido de RedFTTH: <https://redftth.com/>
- RedFTTH. (28 de diciembre de 2021). *Lista de Fichas*. Obtenido de RedFTTH: <https://app.redftth.com/ficha/>
- RedFTTH. (01 de enero de 2022). *Lista de Fichas*. Obtenido de RedFTTH: <https://app.redftth.com/ficha/>
- Rendor Schneir, J., & Xiong, Y. (2014). Cost analysis of network sharing in FTTH/PONs. *IEEE Communications Magazine*, 8.
- Rodríguez, A. (09 de julio de 2013). *Introducción a la tecnología FTTH*. Obtenido de Instaladores Detelecomhoy: <https://www.instaladoresdetelecomhoy.com/introduccion-a-la-tecnologia-ftth/>
- Rodríguez, A. (18 de marzo de 2014). *fibraopticahoy*. Obtenido de Tipos de cables de fibra óptica.
- Rodríguez, A. (14 de mayo de 2016). *fibraopticahoy*. Obtenido de Tipos de conectores de fibra óptica: <https://www.fibraopticahoy.com/tipos-conectores-fibra-optica/>
- Silex Fiber. (2021). *Silex Fiber*. Obtenido de Divisor Splitter Optico PLC planar SC APC: <https://silexfiber.com/producto/divisor-splitter-optico-plc-planar-sc-apc/>

Silex Fiber. (2021). *Splitters*. Obtenido de Silex Fiber: <https://silexfiber.com/categoria-producto/divisores-y-repartidoes-fibra-optica-splitters/>

Speedtest . (octubre de 2021). *Velocidades de Internet de banda ancha fija y móvil de Ecuador*.

Obtenido de Speedtest : <https://www.speedtest.net/global-index/ecuador#fixed>

Speedtest. (octubre de 2021). *Velocidades de Internet de banda ancha fija y móvil de Singapur*.

Obtenido de Speedtes: <https://www.speedtest.net/global-index/singapore#fixed>

Technopediasite. (23 de diciembre de 2018). *Componentes FTTH y arquitectura general*.

Obtenido de Technopediasite: <https://www.technopediasite.com/2018/12/ftth-components-and-general-architecture.html>

TEI. (2010). *TEI*. Obtenido de Cables Blindados: <http://www.teii.com.mx/cable-blindado.html>

TELECOMATE . (2021). *About us*. Obtenido de Telecomate:

<https://www.telecomate.com/about-us>

TELECOMATE. (2022). *H901XGHD*. Obtenido de TELECOMATE:

<https://www.telecomate.com/h901xghd.html>

TELECOMATE. (2022). *HN8546X6*. Obtenido de telecomate:

<https://www.telecomate.com/hn8546x6.html>

TELECOMATE. (2022). *HN8546X6 Wifi6*. Obtenido de TELECOMATE:

<https://www.telecomate.com/hn8546x6.html>

TELECOMATE. (2022). *Huawei MA5800-X2 CA*. Obtenido de TELECOMATE:

<https://www.telecomate.com/huawei-ma5800-x2-ac.html>

Telpro Madrid. (23 de junio de 2018). *Fibra óptica y las Pérdidas de la Fibra Óptica*. Obtenido

de Telpro: <https://telpromadrid.eu/fibra-optica/>

The Fiber Optic Association. (2016). *Presupuesto de potencia y de pérdida óptica*. Obtenido de

The Fiber Optic Association: <https://www.thefoa.org/ESP-Design/Ch9.htm>

The Fiber Optic Association. (2021). *Cable de Fibra Óptica*. Obtenido de Fiber Optic

Association: <https://www.thefoa.org/ESP/Cable.htm>

Thunder Link International Co. Ltd. (2022). *H901XGHD XGPON NI*. Obtenido de Thunder

Link International Co. Ltd.: [https://www.thunder-link.com/XGHD\\_p1177.html](https://www.thunder-link.com/XGHD_p1177.html)

TOOLBOOM. (15 de febrero de 2018). *Empalme mecánico de fibras ópticas*. Obtenido de

toolboom: <https://toolboom.com/es/articles-and-video/mechanical-fiber-optic-splicing/>

Ucañán Leyton, R. (05 de febrero de 2015). *Periodo de recuperación de la inversión o payback:*

*cómo calcularlo*. Obtenido de gestiopolis: <https://www.gestiopolis.com/calculo-del-periodo-de-recuperacion-de-la-inversion-o-payback/>

Unión Internacional de Telecomunicaciones - Recomendación UIT-T G.652. (13 de noviembre

de 2016). *Características de las fibras y cables ópticos monomodo* . Obtenido de Unión

Internacional de Telecomunicaciones: <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.652-201611-I/es>

Unión Internacional de Telecomunicaciones - Recomendación UIT-T G.657. (13 de noviembre

de 2016). *Características de las fibras y cables ópticos monomodo insensibles a la*

*pérdida por flexión* . Obtenido de Unión Internacional de Telecomunicaciones:

<https://www.itu.int/rec/T-REC-G.657-201611-I/es>

Unión Internacional de Telecomunicaciones - Recomendación UIT-T G.671. (29 de agosto de

2019). *Características de transmisión de los componentes y subsistemas ópticos*.

Obtenido de Unión Internacional de Telecomunicaciones: [https://www.itu.int/rec/T-REC-](https://www.itu.int/rec/T-REC-G.671-201908-I/es)

[G.671-201908-I/es](https://www.itu.int/rec/T-REC-G.671-201908-I/es)

Unión Internacional de Telecomunicaciones - Recomendación UIT-T G.987.1. (15 de marzo de 2020). *Redes ópticas pasivas con capacidad de 10 Gigabit (XG-PON): Requisitos*

*generales* . Obtenido de Unión Internacional de Telecomunicaciones:

<https://www.itu.int/rec/T-REC-G.987.1/es>

Unión Internacional de Telecomunicaciones - Recomendación UIT-T G.987.2. (29 de octubre de 2020). *Redes ópticas pasivas con capacidad de 10 Gigabit (XG-PON): Especificación de*

*capa dependiente del medio físico (Physical media dependent, PMD)* . Obtenido de

Unión Internacional de Telecomunicaciones: <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.987.2/es>

Unión Internacional de Telecomunicaciones - Recomendación UIT-T L.12. (08 de marzo de 2008). *Empalmes de fibra óptica*. Obtenido de Unión Internacional de

Telecomunicaciones: <https://www.itu.int/rec/T-REC-L.12-200803-I/es>

Unión Internacional de Telecomunicaciones - Recomendación UIT-T L.36. (13 de enero de 2015). *Conectores de fibra óptica monomodo*. Obtenido de Unión Internacional de

Telecomunicaciones: <https://www.itu.int/rec/T-REC-L.36-201501-I/es>

Váquiro C., J. D. (04 de diciembre de 2019). *EL valor presente neto*. Obtenido de pymesfuturo:

<https://www.pymesfuturo.com/vpneto.htm>

VIAVI. (2021). *Red óptica pasiva (PON)*. Obtenido de VIAVI:

<https://www.viavisolutions.com/es-es/red-optica-pasiva-pon>

## Anexos

### Anexo A: Formato de encuesta realizada



## UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

### Encuesta Dirigida a los Residentes de los Barrios San Miguel y San Vicente acerca de la Situación Actual de Conectividad a Internet

La presente encuesta tiene el objetivo de analizar el nivel de aceptación sobre el servicio de Internet que tienen los residentes de los barrios San Miguel y San Vicente de la parroquia de Cristóbal Colón. La encuesta es anónima y cuenta con 9 preguntas con el enfoque de saber el plan de navegación que usan los abonados, el costo del plan de navegación y la satisfacción del servicio. Los datos recolectados mediante la encuesta tienen el objetivo de servir de información para la investigación de un proyecto de titulación el cual es el diseño de una red de fibra óptica para los barrios San Miguel y San Vicente.

**Por favor Marque con una 'X' cada pregunta realizada.**

1. Por favor seleccione el barrio en el que reside.

Barrios de Residencia	
San Miguel	
San Vicente	

2. Esta pregunta tiene el objetivo de saber el tiempo de conexión que los abonados usan el servicio de Internet. Por favor indique su respuesta.

Tiempo de conexión	
1 – 3 horas	
3 – 6 horas	
6 – 8 horas	
Más de 8 horas	

3. Por favor indique cuál es el ancho de banda de su actual plan.

<b>Ancho de banda actual plan</b>	
5 – 8 Mbps	
8 – 15 Mbps	
15 – 25 Mbps	
Más de 25 Mbps	

4. Por favor indique el costo mensual de su plan de navegación

<b>Costo del plan de navegación</b>	
10 – 15 dólares	
15 – 25 dólares	
Mas de 25 dólares	

5. De acuerdo a las preguntas 3 y 4, por favor indique si le gustaría aumentar su plan de navegación actual, considerando que puede escoger en las preguntas 6 y 7 el nuevo plan de navegación y el nuevo costo a pagar.

<b>Aumentar plan de navegación</b>	
Si	
No	

6. Siendo su respuesta ‘Si’ en la pregunta 5. Por favor indique cuál sería el nuevo plan de navegación le gustaría adquirir

<b>Nuevo ancho de banda del Plan</b>	
25 – 35 Mbps	
35 – 50 Mbps	
Mas de 50 Mbps	

7. Siendo su respuesta un ‘Si’ en la pregunta 5. Por favor indique que nuevo costo estaría dispuesto a pagar

<b>Nuevo costo del plan</b>	
25 dólares	
30 dólares	
35 dólares	

8. Esta pregunta tiene el enfoque de saber el nivel de satisfacción de su proveedor de Internet actual. Por favor marque en una escala del 1 al 5 su nivel de satisfacción del servicio de internet, considerando que 1 en la escala indica ‘No Satisfecho’ y 5 ‘Muy Satisfecho’.

<b>Nivel de satisfacción</b>				
1	2	3	4	5

9. En base a la pregunta 8, por favor indique si consideraría cambiarse de proveedor

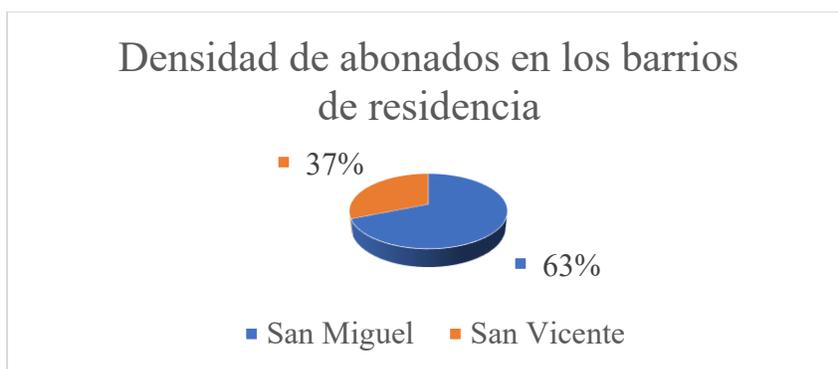
<b>Cambio de proveedor</b>	
Si	
No	

## Anexo B: Tabulación de datos obtenidos

En la Figura 109 se indica la tabulación de los datos obtenidos en la encuesta realizada a los abonados del servicio de internet para la pregunta #1.

### Figura 109

*Tabulación de datos obtenidos de encuesta realizada para la pregunta 1*

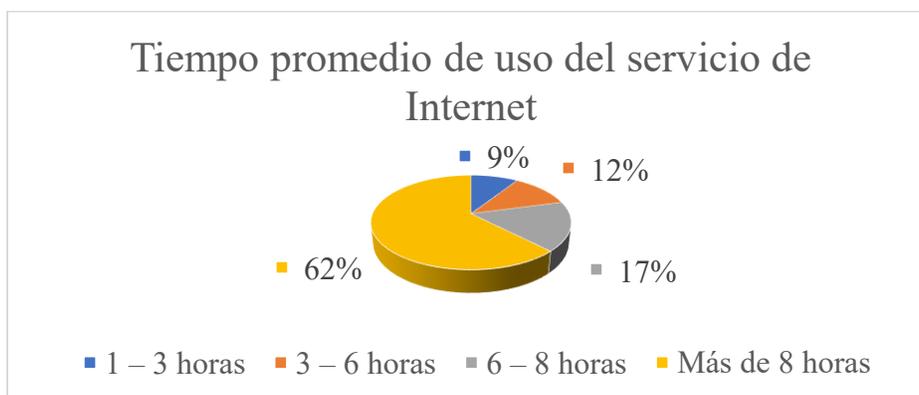


Fuente: Autoría propia

En la Figura 110 se indica la tabulación de los datos obtenidos en la encuesta realizada a los abonados del servicio de internet para la pregunta #2.

### Figura 110

*Tabulación de datos obtenidos de encuesta realizada para la pregunta 2*

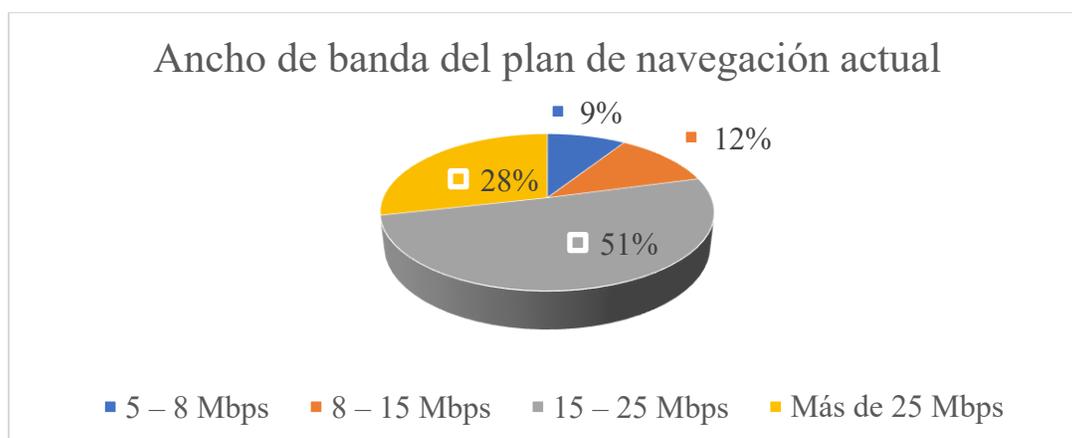


Fuente: Autoría propia

En la Figura 111 se indica la tabulación de los datos obtenidos en la encuesta realizada a los abonados del servicio de internet para la pregunta #3.

### Figura 111

*Tabulación de datos obtenidos de encuesta realizada para la pregunta 3*

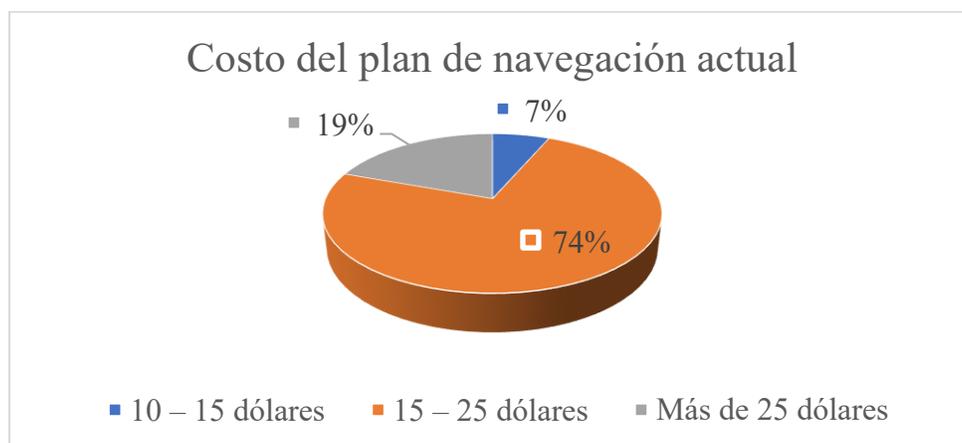


Fuente: Autoría propia

En la Figura 112 se indica la tabulación de los datos obtenidos en la encuesta realizada a los abonados del servicio de internet para la pregunta #4.

### Figura 112

*Tabulación de datos obtenidos de encuesta realizada para la pregunta 4*

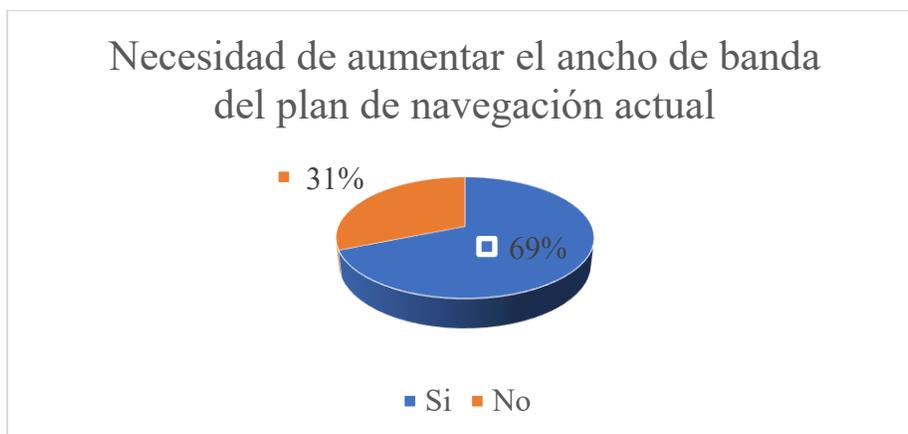


Fuente: Autoría propia

En la Figura 113 se indica la tabulación de los datos obtenidos en la encuesta realizada a los abonados del servicio de internet para la pregunta #5.

### Figura 113

*Tabulación de datos obtenidos de encuesta realizada para la pregunta 5*

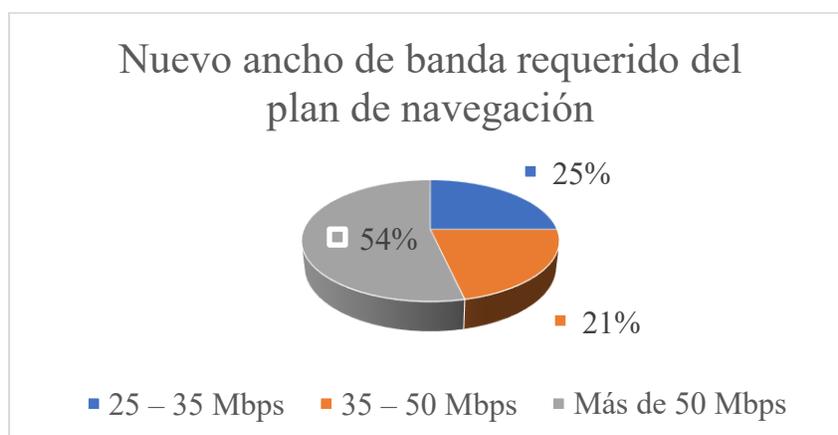


Fuente: Autoría propia

En la Figura 114 se indica la tabulación de los datos obtenidos en la encuesta realizada a los abonados del servicio de internet para la pregunta #6.

### Figura 114

*Tabulación de datos obtenidos de encuesta realizada para la pregunta 6*



Fuente: Autoría propia

En la Figura 115 se indica la tabulación de los datos obtenidos en la encuesta realizada a los abonados del servicio de internet para la pregunta #7.

### Figura 115

*Tabulación de datos obtenidos de encuesta realizada para la pregunta 7*

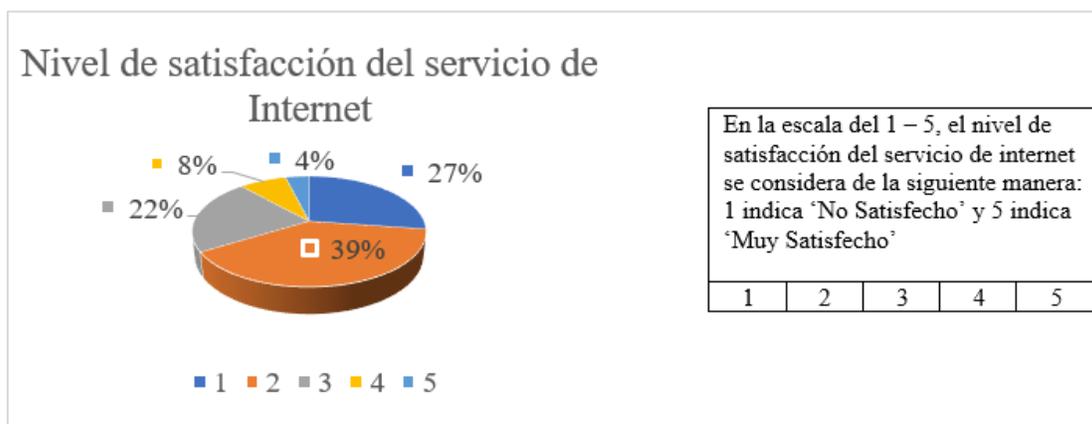


Fuente: Autoría propia

En la Figura 116 se indica la tabulación de los datos obtenidos en la encuesta realizada a los abonados del servicio de internet para la pregunta #8.

### Figura 116

*Tabulación de datos obtenidos de encuesta realizada para la pregunta 8*

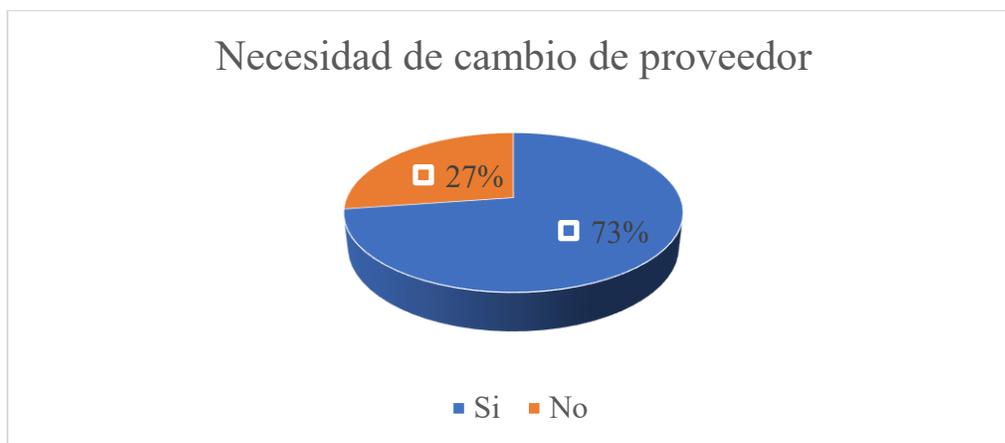


Fuente: Autoría propia

En la Figura 117 se indica la tabulación de los datos obtenidos en la encuesta realizada a los abonados del servicio de internet para la pregunta #9.

**Figura 117**

*Tabulación de datos obtenidos de encuesta realizada para la pregunta 9*



Fuente: Autoría propia

## Anexo E: Evidencia de cotización de equipos activos – Empresa TELECOMATE

En la Figura 118 se observa como el autor del presente proyecto de tesis se pone en contacto con un asesor de ventas de la empresa TELECOMATE donde se indica los requerimientos de los equipos activos según las especificaciones de la red óptica y en el cual se solicita la cotización de los equipos.

### Figura 118

*Contacto con asesor de ventas empresa TELECOMATE mediante correo electrónico*

**luis** <luis@telecomate.com>  
para mí, csd ▾

Hola Santiago,

Me llamo Luis, dedicado al mercado hispano de Telecomate.com. Encantado de servirle.

En espera de su amable comentario.

Saludos cordiales,

---

 **TELECOMATE**  
Your telecom networks mate

**Luis | Sales Manager**

[Luis@telecomate.com](mailto:Luis@telecomate.com) | [www.telecomate.com](http://www.telecomate.com)

---

9MILES INTERNATIONAL LIMITED  
Room 1405, Lucky Centre, 165 Wanchai Road, Hong Kong

---

**Santiago Bolaños** <santiagobe1996@gmail.com> mié, 12 ene, 03:41 ☆ ↶ ⋮  
para luis ▾

Hola Luis,  
¿la OLT MA5800-X2 con una H90XGHD, tarjeta de 8 puertos XG-PON para cuantos clientes maximo soporta? y ademas, que es la H90XGHD?  
y sobre lo que respecta al costo de envío necesito cotizar el precio para las 256 ONT y la OLT

\*\*\*

---

**luis** <luis@telecomate.com> mié, 12 ene, 04:02 ☆ ↶ ⋮  
para mí ▾

Estiando Santiago,

Por favor refiérase a la imagen de abajo para saber que es la H901XGHD.

Admite el acceso al servicio de banda ancha de 1024 suscriptores como máximo, pero recomendamos que una interfaz proporcione servicios para 64 suscriptores y 8 interfaces correspondan a 512 clientes.

Para cotizarle, tengo que saber necesita AC o DC para la Huawei OLT?

Saludos cordiales,

---

**Santiago Bolaños** <santiagobe1996@gmail.com> 📧 12 ene 2022, 04:08 ☆ ↶ ⋮  
para luis ▾

Muchas gracias Luis, ya comprendo mejor.

Sobre el suministro de energía es AC para la OLT.

En base a lo que me recomienda de la OLT y la H90XGHD, mi pregunta es que modelo de las ONT que me indicó sería la más óptima? De este modo por favor me gustaría saber la cotización de las 256 ONT y la OLT

\*\*\*

Fuente: Asesor de ventas - TELECOMATE (2021)

En la Figura 119 se da a conocer la cotización de los equipos activos por parte del asesor de ventas de la empresa TELECOMATE, donde se detalla el equipo el precio unitario y el precio final.

## Figura 119

*Cotización de OLT y ONT con asesor de ventas empresa TELECOMATE mediante correo electrónico*

 **luis** <luis@telecomate.com> para mí ▾ 12 ene 2022, 20:41 ☆ ↶

Hola Santiago,

Por favor, chequee la cotización:

Item	Description of goods	Unit Price(USD)	Quantity	Total (USD)
MA5800-X2	MA5800-X2 with 10GE Uplink, AC Power, 8-port XGSPON N1	2820	1	2820
HN8546X6	XG-PON ONT, 4GE+2USB+1POT, 2.4G&5G WI-FI 6	45	256	11520
Total				14340.00
Freight Cost (UPS to Ecuador)				3227.00
Sub Total(USD)				17567.00

**Lead time: 10 business days**

Debido al gran volumen de empaque de HN8546X6, si elige HN8346V5, ahorrará alrededor de 900USD en costos de envío.

Además, también tenemos algunos clientes en América que para ahorrar costos de envío empaican las ONTs en una caja grande con bolsas de espuma.

Saludos,



**Luis** | Sales Manager

[luis@telecomate.com](mailto:luis@telecomate.com) [www.telecomate.com](http://www.telecomate.com)

-----  
9MILES INTERNATIONAL LIMITED  
Room 1405, Lucky Centre, 165 Wanchai Road, Hong Kong



Fuente: Asesor de ventas - TELECOMATE (2021)

De igual manera que con la cotización de los equipos activos mencionados anteriormente, en la Figura 120 se da a conocer la cotización de la tarjeta óptica por parte del asesor de ventas de la empresa TELECOMATE, donde se detalla el costo unitario de esta placa óptica.

## Figura 120

*Cotización de tarjeta óptica con asesor de ventas empresa TELECOMATE mediante correo electrónico*

 **Crystal** <crystal@telecomate.com>  
para mí, CSD ▾

Estimado Santiago,

Me alegra de tener su consulta. Soy Crystal, su gerente de ventas en [telecomate.com](http://telecomate.com).

¿Puedo saber solo la placa XGHD requerida por usted? ¿Todavía necesita el OLT MA5800? Si es así, indique la configuración en detalle, para que podamos cotizarle en consecuencia.

Espero tener tu respuesta pronto.

Saludos,

---



Cristal | Gerente de ventas  
[crystal@telecomate.com](mailto:crystal@telecomate.com) | [www.telecomate.com](http://www.telecomate.com)  
Skype: [crystal@telecomate.com](https://www.skype.com/people/crystal@telecomate.com)

-----  
9MILES INTERNACIONAL LIMITADA  
Habitación 1405, Lucky Centre, 165 Wanchai Road, Hong Kong



 **Santiago Bolaños** <santiagobe1996@gmail.com>  
para Crystal ▾

Hola Crystal, solo quiero saber la cotización de la tarjeta óptica H901XGHD

...

 **Crystal** <crystal@telecomate.com>  
para mí ▾

Estimado Santiago,

Que tenga un lindo día.

El modelo que mencionas está disponible. Por favor, consulte nuestra cotización:

H901XGHD SFP+ N2a, precio de **1040usd/unidad**.

¿Podría indicar la CANTIDAD requerida? Comprobaremos el tiempo de entrega y el costo de envío en consecuencia.

...

Saludos,

Fuente: Asesor de ventas - TELECOMATE (2022)

**Anexo F: Evidencia de cotización de equipos pasivos – Proveedor Keynet Systems**

En la Figura 121 se puede observar el precio de todos los componentes que conforman el elemento pasivo ODF subrayado de color azul, el cual tiene un valor en Euros debido a que la empresa Keynet Systems es española, sin embargo como se especificó anteriormente se convierte a un valor de Dólar Americano con una conversión de 1.14 de Euro por Dólar.

**Figura 121**

*Costos de los componentes que conforman el equipo pasivo ODF obtenido del catálogo de tarifas de la empresa Keynet Systems*

NEW Bandejas fibra	
<u>8445209023627</u>	<u>ODFK-C-1U</u> Bandeja fibra 1U ODF frontal intercambiable, multi-función
8445209023634	ODFK-L-1U Bandeja fibra 1U ODF cross connect, multifunción, 3 espacios
8445209023641	ODFK-S-1U Bandeja fibra 1U ODF apertura frontal posterior deslizante, 3 espacios
8445209023658	ODFK-V-2U Bandeja fibra 2U ODF multifunción adaptadores en vertical, 12 espacios
8445209039956	ODFK-AR-1U Panel enfriador 1U 192 puertos LC
8445209039963	ODFK-W-1U Bandeja fibra 1U ODF 12 cassettes (144c) tipo SL 1/12 (3 band x 4)
8445209039970	ODFK-W-2U Bandeja fibra 2U ODF 24 cassettes (288c) tipo SL 1/12 (6 band x 4)
8445209039987	ODFK-4U Bandeja fibra 4U ODF 48 cassettes (576c) tipo SL 1/12 (12 band x 4)
8445209039994	ODFK-X-1U Bandeja fibra 1U ODF 4 cassettes (144c) tipo DL 1-2/24 (1 band x 4)
8445209040006	ODFK-X-V-4U Bandeja fibra 3U ODF vertical 12 cassettes (288c) tipo DL 1-2/24
NEW Paneles frontales bandejas ODF	
8445209023689	ODFK-CP-1U-24FT Panel frontal 1U bandeja ODF-C para 24p FC/ST
8445209023696	ODFK-CP-1U-24SC Panel frontal 1U bandeja ODF-C para 24p SC simplex
8445209023702	ODFK-CP-1U-24SCDLC Panel frontal 1U bandeja ODF-C para 24p SC Dv/LC Cx
8445209023719	ODFK-CP-1U-18-2LC Panel frontal 1U bandeja ODF-C para 18 bloques LC Cx (144LC)
8445209023726	ODFK-CP-1U-SMP Panel frontal 1U bandeja ODF-C para 5 mini-plates
<u>8445209039990</u>	<u>ODFK-CP-1U-3C</u> Panel frontal 1U bandeja ODF-C para 3 mid-plates
8445209023733	ODFK-CV-SMP-5SCDLC Panel frontal mini para bandejas ODF-C y V para 6 SC Dv / LC Cx
8445209023740	ODFK-CV-SMP-6MPO Panel frontal mini para bandejas ODF-C y V para 6 MPO
8445209023757	ODFK-CV-SMP-4KF Panel frontal mini para bandejas ODF-C y V para 4 keystones FTP
8445209023764	ODFK-CV-SMP-BLK Panel frontal mini para bandejas ODF-C y V ciegos
<u>8445209023774</u>	<u>ODFK-C-3C-6SCSLCD</u> Panel frontal mini para bandejas ODF-L y S para 6 SC Sv / LC Dv
8445209023788	ODFK-C-3C-6SCDLC Panel frontal mini para bandejas ODF-L y S para 6 SC Dv / LC Cx
8445209023801	ODFK-C-3C-6MPO Panel frontal mini para bandejas ODF-L y S para 6 MPO
8445209023818	ODFK-C-3C-6KF Panel frontal mini para bandejas ODF-L y S para 6 Keystones FTP
<u>8445209023826</u>	<u>ODFK-C-3C-BLU</u> Panel frontal mini para bandejas ODF-L y S tapa ciega
8445209039918	ODFK-X-MP-12SCSLCD Panel frontal para bandeja ODF-X para 12 SC Sv / LC Dv
8445209039925	ODFK-X-MP-6MPO Panel frontal para bandeja ODF-X para 6 adapt MPO
8445209039932	ODFK-X-MP-6FT Panel frontal para bandeja ODF-X para 6 adapt FC / ST
8445209039949	ODFK-X-MP-BLK Panel frontal para bandeja ODF-X tapa ciega
Cajas distribución FTTH IP65	
8445209003391	FDO-4016 Caja FTTH IP65 4p/16p incl 16 adapt/mini split, gris
8445209003414	FDO-4016-18SA Caja FTTH IP65 4p/16p incl 1 mini-split 1.8 SC/APC+adapt, gris
8445209003407	FDO-4016-116SA Caja FTTH IP65 4p/16p incl 1 mini-split 1.16 SC/APC+adapt, gris
8445209003445	FDO-4016-CAS Caja FTTH IP65 4p/16p bandeja splitters cassette, gris
8445209023597	FDO-4016-SH-CAS14SA Caja FTTH IP65 4p/16p incl 1 split cass corto 1.4 SC/APC, gris
8445209003476	FDO-4016-SH-CAS18SA Caja FTTH IP65 4p/16p incl 1 split cass corto 1.8 SC/APC, gris
8445209003469	FDO-4016-SH-CAS18PT-SA Caja FTTH IP65 4p/16p incl 1 split cass corto 1.8 pigtail-SC/APC, gris
8445209003452	FDO-4016-CAS116SA Caja FTTH IP65 4p/16p incl 1 split cass 1.16 SC/APC, gris
8445209003421	FDO-4016-83 Caja FTTH IP65 4p/16p incl 3bx12fus+ soporte 12SC
8445209003438	FDO-4016-856 Caja FTTH IP65 4p/16p incl 6bx12fus, gris
8445209003490	FDO-4016-WH Soporte pared acero inox cajas FDO-4016 (2 pzas)
8445209003483	FDO-4016-SSH Soporte pared/poste acero inox, con gomas cajas FDO-4016 (2 pzas)
8445209003353	FDO-9016-C Caja FTTH IP65 2p/16p con bandeja para splitters cassette, gris
<u>8445209003622</u>	<u>FDO-9016-2</u> Caja FTTH IP65 2p/12p sop para 12 adapt/mini split, gris
8445209003336	FDO-4016-183S Caja FTTH IP65 2p/12p incl 1 split mini:1.8 + 8 adapt SCAPC, gris
8445209003338	FDO-3012-CAS18SA Caja FTTH IP65 2p/12p incl 1 split cass corto 1.8 SCAPC, gris
8445209033314	FDO-3012-CAS14SA Caja FTTH IP65 2p/12p incl 1 split cass corto 1.4 SCAPC, gris
8445209003563	FTB-E2040 Caja terminal exterior fibra 4p SC, b.fusion 180x116x40mm, gris

Fuente: Keynet Sistemas Profesionales (2020)

En la Figura 122 se puede observar el precio de todos los componentes que conforman el elemento pasivo Armario óptico de primer nivel subrayado de color azul, el cual tiene un valor en Euros debido a que la empresa Keynet Systems es española, sin embargo como se especificó anteriormente se convierte a un valor de Dólar Americano con una conversión de 1.14 de Euro por Dólar.

**Figura 122**

*Costos de los componentes que conforman el equipo pasivo Armario óptico de primer nivel obtenido del catálogo de tarifas de la empresa Keynet Systems*

Repartidores PLC mini fibra 900um con conectores SC					
	8445209006392	SOP-B12-SA	Repartidor óptico mini SM 1:2 fibra ajustada con. SC/APC 2mt/1,5mt	15,22 €/ud	1/40ud
	8445209034098	SOP-B12-SA-SH2	Repartidor óptico mini SM 1:2 fibra ajustada con. SC/APC 2mt/30cm	15,11 €/ud	1/40ud
	8445209006415	SOP-B14-SA	Repartidor óptico mini SM 1:4 fibra ajustada con. SC/APC 2mt/1,5mt	19,70 €/ud	1/40ud
	8445209006422	SOP-B14-SA-SH2	Repartidor óptico mini SM 1:4 fibra ajustada con. SC/APC 2mt/30cm	19,59 €/ud	1/40ud
	8445209006446	SOP-B18-SA	Repartidor óptico mini SM 1:8 fibra ajustada con. SC/APC 2mt/1,5mt	24,63 €/ud	1/40ud
	8445209006453	SOP-B18-SA-SH2	Repartidor óptico mini SM 1:8 fibra ajustada con. SC/APC 2mt/25-30cm	24,51 €/ud	1/40ud
	8445209006385	SOP-B116-SA	Repartidor óptico mini SM 1:16 fibra ajustada con. SC/APC 2mt/1,5mt	46,17 €/ud	1/20ud
	8445209006408	SOP-B132-SA	Repartidor óptico mini SM 1:32 fibra ajustada con. SC/APC 2mt/1,5mt	81,76 €/ud	1/5ud
	8445209006439	SOP-B164-SA	Repartidor óptico mini SM 1:64 fibra ajustada con. SC/APC 2mt/1,5mt	220,66 €/ud	1ud
	8445209024884	SOP-BP28-SA	Repartidor óptico mini SM doble entrada 2:8 SC/APC 2mt/1,5mt	39,70 €/ud	1/40ud
	8445209006460	SOP-BP216-SA	Repartidor óptico mini SM doble entrada 2:16 SC/APC 2mt/1,5mt	64,75 €/ud	1/20ud
	8445209006477	SOP-BP232-SA	Repartidor óptico mini SM doble entrada 2:32 SC/APC 2mt/1,5mt	123,83 €/ud	1/5ud
Accesorios Encapsulados ELT - bandejas portafusiones y repartidores					
	8445209011686	ELT-A1	Bandeja fusion 4mm ELT capacidad 4 fusiones / 0 splitters	2,46 €/ud	1/10ud
	8445209021716	ELT-A2	Bandeja fusion 4mm ELT capacidad 9 fusiones / 1 mini splitter 1:2/4/8	2,46 €/ud	1/10ud
	8445209021722	ELT-A3	Bandeja fusion 4mm ELT capacidad 12 fusiones / 0 splitters	2,46 €/ud	1/10ud
	8445209011693	ELT-B1	Bandeja fusion 8mm ELT capacidad 12 fusiones / 0 splitters	3,35 €/ud	1/5 ud
	8445209021753	ELT-B2	Bandeja fusion 8mm ELT capacidad 12 fusiones / 1 mini splitter 1:2/4/8	3,35 €/ud	1/5ud
	8445209021777	ELT-B3	Bandeja fusion 8mm ELT capacidad 10 fus. / 1 minisplit 1:16 o P1:2/4/8	3,35 €/ud	1/5ud
	8445209021791	ELT-B4	Bandeja fusion 8mm ELT capacidad 6 fusiones / 3 minisplit 1:2/4/8	3,35 €/ud	1/5ud
	8445209021883	ELT-B5	Bandeja fusion 8mm ELT capacidad 2 fusiones fibra ribbon	3,35 €/ud	1/5ud
	8445209022484	ELT-B10	Bandeja fusion 8mm ELT capacidad 1 PLC splitter 1:16	3,35 €/ud	1/5ud
	8445209022514	ELT-B11	Bandeja fusion 8mm ELT capacidad 2 PLC splitter 1:2/4/8	3,35 €/ud	1/5ud
Adaptadores tipo SC					
	8445209007214	TA-SA207-S-N-BX	Adaptador verde SC-SC APC SM, SX, tapón negro, zirc, con fijaciones	0,32 €/ud	40ud
	8445209007207	TA-SA207-S-BX	Adaptador verde SC-SC APC SM, SX, tapón traslúcido, zirc, con fijaciones	0,50 €/ud	40ud
	8445209007221	TA-SA208-S-BX	Adaptador verde SC-SC APC SM, SX, tapón traslúcido, zirc, sin fijaciones	0,50 €/ud	40ud
	8445209007191	TA-SA112-S-BX	Adaptador verde SC-SC APC SM, SX, tapa antipolvo, zirc, sin fijaciones	1,24 €/ud	40ud
	8445209007184	TA-SA110-S-BX	Adaptador verde SC-SC APC SM, SX, tapa antipolvo, zirc, con fijaciones	1,24 €/ud	40ud
	8445209007238	TA-SA210-SD-BX	Adaptador verde SC-SC APC SM, DX, tapón traslúcido, zirc, con fijaciones	1,00 €/ud	20ud
	8445209007276	TA-SP201-S-BX	Adaptador azul SC-SC PC SM, SX, tapón traslúcido, zirc, con fijaciones	0,50 €/ud	40ud
	8445209007269	TA-SP100-S-BX	Adaptador azul SC-SC PC SM, SX, tapa antipolvo, zirc, con fijaciones	1,35 €/ud	40ud
	8445209007283	TA-SP204-SD-BX	Adaptador azul SC-SC PC SM, DX, tapón traslúcido, zirc, con fijaciones	1,00€/ud	20ud
	8445209007290	TA-SP215-M-BX	Adaptador beige SC-SC PC MM, SX, tapón traslúcido, zirc, con fijaciones	0,50 €/ud	40ud
	8445209007306	TA-SP218-MD-BX	Adaptador beige SC-SC PC MM, DX, tapón traslúcido, zirc, con fijaciones	1,00 €/ud	20ud
	8445209007337	TA-SP230-M3-BX	Adaptador aqua SC-SC PC MM-OM3, SX, tapón traslúcido, zirc, con fijac	0,50 €/ud	40ud
	8445209007344	TA-SP232-M3D-BX	Adaptador aqua SC-SC PC MM-OM3, DX, tapón traslúcido, zirc, con fijac	1,06 €/ud	20ud
	8445209007313	TA-SP220-M4-BX	Adaptador violeta SC-SC PC MM-OM4 SX, tapón traslúcido, zirc, con fijac	0,53 €/ud	40ud
	8445209007320	TA-SP222-M4D-BX	Adaptador violeta SC-SC PC MM-OM4 DX, tapón traslúcido, zirc, con fijac	1,06 €/ud	20ud

Fuente: Keynet Sistemas Profesionales (2020)

En la Figura 123 se puede observar el precio de todos los componentes que conforman el elemento pasivo Armario óptico de segundo nivel subrayado de color azul, el cual tiene un valor en Euros debido a que la empresa Keynet Systems es española, sin embargo como se especificó anteriormente se convierte a un valor de Dólar Americano con una conversión de 1.14 de Euro por Dólar.

**Figura 123**

*Costos de los componentes que conforman el equipo pasivo Armario óptico de segundo nivel obtenido del catálogo de tarifas de la empresa Keynet Systems*

		Cajas distribución FTTh IP65			
	8445209003391	FDO-4016	Caja FTTh IP65 4p/16p sop 16 adapt/mini split, gris	50,00 €/ud	1/10ud
	8445209003414	FDO-4016-18SA	Caja FTTh IP65 4p/16p incl 1 mini-split 1:8 SC/APC+adapt, gris	74,13 €/ud	1/10ud
	8445209003407	FDO-4016-116SA	Caja FTTh IP65 4p/16p incl 1 mini-split 1:16 SC/APC+adapt, gris	92,65 €/ud	1/10ud
	8445209003445	FDO-4016-CAS	Caja FTTh IP65 4p/16p bandeja splitters cassette, gris	50,00 €/ud	1/10ud
	8445209023597	FDO-4016-SH-CAS14SA	Caja FTTh IP65 4p/16p incl 1 split cass corto 1:4 SC/APC gris	72,54 €/ud	1/10ud
	8445209003476	FDO-4016-SH-CAS18SA	Caja FTTh IP65 4p/16p incl 1 split cass corto 1:8 SC/APC, gris	74,06 €/ud	1/10ud
	8445209003469	FDO-4016-SH-CAS18PT-SA	Caja FTTh IP65 4p/16p incl 1 split cass corto 1:8 pigtail-SC/APC, gris	81,43 €/ud	1/10ud
	8445209003452	FDO-4016-CAS116SA	Caja FTTh IP65 4p/16p incl 1 split cass 1:16 SC/APC, gris	93,64 €/ud	1/10ud
	8445209003421	FDO-4016-B3	Caja FTTh IP65 4p/16p incl 3bx12fus+ soporte 12SC	51,92 €/ud	1/10ud
	8445209003438	FDO-4016-BS6	Caja FTTh IP65 4p/16p incl 6bx12fus, gris	96,58 €/ud	1/10ud
	8445209003490	FDO-4016-WH	Soporte pared acero inox cajas FDO-4016 (2 pzas)	4,79 €/ud	1jgo 2p
	8445209003483	FDO-4016-SSH	Soporte pared/poste acero inox. con gomas cajas FDO-4016 (2 pzas)	4,47 €/ud	1jgo 2p
	8445209003353	FDO-3016-C	Caja FTTh IP65 2p/16p con bandeja para splitters cassette, gris	47,39 €/ud	1/10ud

Fuente: Keynet Sistemas Profesionales (2020)

En la Figura 124 se puede observar el precio de todos los componentes que conforman el elemento pasivo Splitter subrayado de color azul, el cual tiene un valor en Euros debido a que la empresa Keynet Systems es española, sin embargo como se especificó anteriormente se convierte a un valor de Dólar Americano con una conversión de 1.14 de Euro por Dólar.

**Figura 124**

*Costos de los componentes que conforman el equipo pasivo Splitter obtenido del catálogo de tarifas de la empresa Keynet Systems*

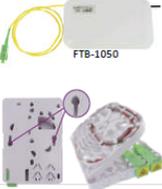
Repartidores PLC mini fibra 900um con conectores SC					
	8445209006392	SOP-B12-SA	Repartidor óptico mini SM 1:2 fibra ajustada con. SC/APC 2mt/1,5mt	15,22 €/ud	1/40ud
	8445209034098	SOP-B12-SA-SH2	Repartidor óptico mini SM 1:2 fibra ajustada con. SC/APC 2mt/30cm	15,11 €/ud	1/40ud
	8445209006415	SOP-B14-SA	Repartidor óptico mini SM 1:4 fibra ajustada con. SC/APC 2mt/1,5mt	19,70 €/ud	1/40ud
	8445209006422	SOP-B14-SA-SH2	Repartidor óptico mini SM 1:4 fibra ajustada con. SC/APC 2mt/30cm	19,59 €/ud	1/40ud
	8445209006446	SOP-B18-SA	Repartidor óptico mini SM 1:8 fibra ajustada con. SC/APC 2mt/1,5mt	24,63 €/ud	1/40ud
	8445209006453	SOP-B18-SA-SH2	Repartidor óptico mini SM 1:8 fibra ajustada con. SC/APC 2mt/25-30cm	24,51 €/ud	1/40ud
	8445209006385	SOP-B116-SA	Repartidor óptico mini SM 1:16 fibra ajustada con. SC/APC 2mt/1,5mt	46,17 €/ud	1/20ud
	8445209006408	SOP-B132-SA	Repartidor óptico mini SM 1:32 fibra ajustada con. SC/APC 2mt/1,5mt	81,76 €/ud	1/5ud
	8445209006439	SOP-B164-SA	Repartidor óptico mini SM 1:64 fibra ajustada con. SC/APC 2mt/1,5mt	220,66 €/ud	1ud
	8445209024884	SOP-BP28-SA	Repartidor óptico mini SM doble entrada 2:8 SC/APC 2mt/1,5mt	39,70 €/ud	1/40ud
	8445209006460	SOP-BP216-SA	Repartidor óptico mini SM doble entrada 2:16 SC/APC 2mt/1,5mt	64,75 €/ud	1/20ud
	8445209006477	SOP-BP232-SA	Repartidor óptico mini SM doble entrada 2:32 SC/APC 2mt/1,5mt	123,83 €/ud	1/5ud

Fuente: Keynet Sistemas Profesionales (2020)

En la Figura 125 se puede observar el precio de todos los componentes que conforman el elemento pasivo Roseta óptica subrayado de color azul, el cual tiene un valor en Euros debido a que la empresa Keynet Systems es española, sin embargo como se especificó anteriormente se convierte a un valor de Dólar Americano con una conversión de 1.14 de Euro por Dólar.

**Figura 125**

*Costos de los componentes que conforman el equipo pasivo Roseta óptica obtenido del catálogo de tarifas de la empresa Keynet Systems*

Cajas/Rosetas terminales uso interior					
	8445209005562	FTB-2000-PR	Caja terminal fibra 2p SC tapa abatible 86x86x23mm ABS blanca	1,80 €/ud	1ud
	8445209005586	FTB-3200	Caja terminal fibra 2p SC, b.fusión 82x105x23mm ABS blanca	3,38 €/ud	1ud
	8445209005609	FTB-3200-KSA	Kit caja fibra 2p con pigtail+1xSC/APC t. antipolvo 82x105x23mm blanca	5,76 €/ud	1ud
	8445209014960	FTB-3200-ICT	Kit caja fibra 2p con 2xpigt+2xSC/APC t. antipolvo 82x105x23mm blanca	6,86 €/ud	1ud
	8445209005555	FTB-1050	Caja terminal fibra extraplana 1 SC 89x148x14mm ABS blanca	3,04 €/ud	1ud
	8445209005548	FTB-1045	Caja terminal fibra 4p SC, b.fusión 100x80x30mm ABS blanca	3,28 €/ud	1ud
	8445209023603	FTB-1045-DH	<b>NEW</b> Caja terminal fibra 4p SC, con soporte DIN 100x80x30mm ABS blanca	6,75 €/ud	1ud
Pigtails SM y MM					
	8445209009317	TF-PSA12-Y015	Pigtail SC/APC SM G657A2 LSZH-FR 0,9mm amarillo 1,5mt	1,55 €/ud	10/300ud
	8445209009324	TF-PSA12-Y02	Pigtail SC/APC SM G657A2 LSZH-FR 0,9mm amarillo 2mt	1,66 €/ud	10/300ud
	8445209009355	TF-PSU12-Y015	Pigtail SC/UPC SM G657A2 LSZH-FR 0,9mm amarillo 1,5mt	1,66 €/ud	10/300ud
	8445209009270	TF-PLA12-Y015	Pigtail LC/APC SM G657A2 LSZH-FR 0,9mm amarillo 1,5mt	1,83 €/ud	10/300ud
	8445209009300	TF-PLU12-Y015	Pigtail LC/UPC SM G657A2 LSZH-FR 0,9mm amarillo 1,5mt	1,75 €/ud	10/300ud
	8445209009249	TF-PFP12-Y015	Pigtail FC/PC SM G657A2 LSZH-FR 0,9mm amarillo 1,5mt	1,87 €/ud	10/300ud
	8445209009362	TF-PTP12-Y015	Pigtail ST/PC SM G657A2 LSZH-FR 0,9mm amarillo 1,5mt	2,00 €/ud	10/300ud
	8445209009393	TF-SM-SET12SA-EIA015	Juego de 12 pigtails SM G657A2 SC/APC LSZH-FR 0,9mm col EIA 1,5mt	18,93 €/ud	9ud
Adaptadores tipo SC					
	8445209007214	TA-SA207-S-N-BX	Adaptador verde SC-SC APC SM, SX, tapón negro, zirc, con fijaciones	0,32 €/ud	40ud
	8445209007207	TA-SA207-S-BX	Adaptador verde SC-SC APC SM, SX, tapón traslúcido, zirc, con fijaciones	0,50 €/ud	40ud
	8445209007221	TA-SA208-S-BX	Adaptador verde SC-SC APC SM, SX, tapón traslúcido, zirc, sin fijaciones	0,50 €/ud	40ud
	8445209007191	TA-SA112-S-BX	Adaptador verde SC-SC APC SM, SX, tapa antipolvo, zirc, sin fijaciones	1,24 €/ud	40ud
	8445209007184	TA-SA110-S-BX	Adaptador verde SC-SC APC SM, SX, tapa antipolvo, zirc, con fijaciones	1,24 €/ud	40ud
	8445209007238	TA-SA210-SD-BX	Adaptador verde SC-SC APC SM, DX, tapón traslúcido, zirc, con fijaciones	1,00 €/ud	20ud
	8445209007276	TA-SP201-S-BX	Adaptador azul SC-SC PC SM, SX, tapón traslúcido, zirc, con fijaciones	0,50 €/ud	40ud
	8445209007269	TA-SP100-S-BX	Adaptador azul SC-SC PC SM, SX, tapa antipolvo, zirc, con fijaciones	1,35 €/ud	40ud
	8445209007283	TA-SP204-SD-BX	Adaptador azul SC-SC PC SM, DX, tapón traslúcido, zirc, con fijaciones	1,00€/ud	20ud
	8445209007290	TA-SP215-M-BX	Adaptador beige SC-SC PC MM, SX, tapón traslúcido, zirc, con fijaciones	0,50 €/ud	40ud
	8445209007306	TA-SP218-MD-BX	Adaptador beige SC-SC PC MM, DX, tapón traslúcido, zirc, con fijaciones	1,00 €/ud	20ud
	8445209007337	TA-SP230-M3-BX	Adaptador aqua SC-SC PC MM-OM3, SX, tapón traslúcido, zirc, con fijac	0,50 €/ud	40ud
	8445209007344	TA-SP232-M3D-BX	Adaptador aqua SC-SC PC MM-OM3, DX, tapón traslúcido, zirc, con fijac	1,06 €/ud	20ud
	8445209007313	TA-SP220-M4-BX	Adaptador violeta SC-SC PC MM-OM4 SX, tapón traslúcido, zirc, con fijac	0,53 €/ud	40ud
8445209007320	TA-SP222-M4D-BX	Adaptador violeta SC-SC PC MM-OM4 DX, tapón traslúcido, zirc, con fijac	1,06 €/ud	20ud	

Fuente: Keynet Sistemas Profesionales (2020)

En la Figura 126 se puede observar el precio de todos los componentes que conforman la red Feeder subrayado de color azul, el cual tiene un valor en Euros debido a que la empresa Keynet Systems es española, sin embargo como se especificó anteriormente se convierte a un valor de Dólar Americano con una conversión de 1.14 de Euro por Dólar.

### Figura 126

*Costos de los componentes que conforman la red Feeder obtenido del catálogo de tarifas de la empresa Keynet Systems*

F21-CABLES FIBRA SM HOLGADA MONOTUBO ADSS DOBLE CUBIERTA SPAN 100mts VIENTO 30mt/s <b>NEW</b>					
	8445209001342	F21-08HDK-PS1W3	Cable 8fo holgada G652D monot ADSS sp100mt v30m/s PE negra	1,70 €/mt	2000mt
	8445209001359	F21-12HDK-PS1W3	Cable 12fo holgada G652D monot ADSS sp100mt v30m/s PE negra	1,80 €/mt	2000mt
	8445209001366	F21-16HDK-PS1W3	Cable 16fo holgada G652D monot ADSS sp100mt v30m/s PE negra	1,94 €/mt	2000mt
	8445209001373	F21-24HDK-PS1W3	Cable 24fo holgada G652D monot ADSS sp100mt v30m/s PE negra	2,14 €/mt	2000mt

Fuente: Keynet Sistemas Profesionales (2020)

En la Figura 127 se puede observar el precio de todos los componentes que conforman la red Distribución subrayado de color azul, el cual tiene un valor en Euros debido a que la empresa Keynet Systems es española, sin embargo como se especificó anteriormente se convierte a un valor de Dólar Americano con una conversión de 1.14 de Euro por Dólar.

### Figura 127

*Costos de los componentes que conforman la red Distribución obtenido del catálogo de tarifas de la empresa Keynet Systems*

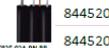
Cables fibra SM ajustada dieléctrica					
F1A-CABLES FIBRA SM -INTERIOR/EXTERIOR-					
	8445209015202	F1A-04A-DLN	Cable 4fo 900" kevlar G657A2, LSZH-UV, int/ext CPR-Dca s2,d0, a1 negro	0,80 €/mt	2000mt
	8445209015233	F1A-08A-DLM	Cable 8fo 900" kevlar G657A2, LSZH CPR-Dca s2,d0,a1 marfil	1,26 €/mt	2000mt
	8445209001229	F1A-08A-DLN	Cable 8fo 900" kevlar G657A2, LSZH-UV int/ext CPR-Dca s2,d0,a1 negro	1,22 €/mt	2000mt
	8445209001250	F1A-12A-DLN	Cable 12fo 900" kevlar G657A2 LSZH-UV int/ext CPR-Dca s2,d0,a1 negro	1,42 €/mt	2000mt
	8445209042208	F1A-12A-CLN <b>NEW</b>	Cable 12fo 900" kevlar G657A2 LSZH-UV int/ext Cca-S2,d0,a1 negro	1,71 €/mt	2000mt

Fuente: Keynet Sistemas Profesionales (2020)

En la Figura 128 se puede observar el precio de todos los componentes que conforman la red Dispersión subrayado de color azul, el cual tiene un valor en Euros debido a que la empresa Keynet Systems es española, sin embargo como se especificó anteriormente se convierte a un valor de Dólar Americano con una conversión de 1.14 de Euro por Dólar.

**Figura 128**

*Costos de los componentes que conforman la red Dispersión obtenido del catálogo de tarifas de la empresa Keynet Systems*

Cables fibra SM para acometidas - cubierta plana - interior/exterior					
	8445209002820 • F80P-01A-LB-BR	Cable plano 1fo SM 250u" cubierta baja fricción LSZH-FR blanco	0,22 €/mt	1000mt	
	8445209002837 • F80P-01A-LN-BR	Cable plano 1fo SM 250u" cubierta baja fricción LSZH-FR negro	0,22 €/mt	1000mt	
	8445209002844 • F82F-02A-PN-BR	Cable plano 2fo SM 250u" fiador acero figura "8" PE-UV negro	0,40 €/mt	1000mt	
	8445209002851 • F84K-02A-PN-BR	Cable plano 2fo SM 250u" doble cubierta (plana+redonda) PE-UV negro	0,47 €/mt	500mt	

Fuente: Keynet Sistemas Profesionales (2020)

En la Figura 129 se puede observar el precio de todos los componentes que conforman el elemento pasivo Pigtails subrayado de color azul, el cual tiene un valor en Euros debido a que la empresa Keynet Systems es española, sin embargo como se especificó anteriormente se convierte a un valor de Dólar Americano con una conversión de 1.14 de Euro por Dólar.

**Figura 129**

*Costos de los componentes que conforman el equipo pasivo Pigtails obtenido del catálogo de tarifas de la empresa Keynet Systems*

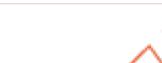
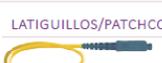
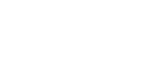
PIGTAILS SM G657A2					
Pigtails SM y MM					
	8445209009317 TF-PSA12-Y015	Pigtail SC/APC SM G657A2 LSZH-FR 0,9mm amarillo 1,5mt	1,55 €/ud	10/300ud	
	8445209009324 TF-PSA12-Y02	Pigtail SC/APC SM G657A2 LSZH-FR 0,9mm amarillo 2mt	1,66 €/ud	10/300ud	
	8445209009355 TF-PSU12-Y015	Pigtail SC/UPC SM G657A2 LSZH-FR 0,9mm amarillo 1,5mt	1,66 €/ud	10/300ud	
	8445209009270 TF-PLA12-Y015	Pigtail LC/APC SM G657A2 LSZH-FR 0,9mm amarillo 1,5mt	1,83 €/ud	10/300ud	
	8445209009300 TF-PLU12-Y015	Pigtail LC/UPC SM G657A2 LSZH-FR 0,9mm amarillo 1,5mt	1,75 €/ud	10/300ud	

Fuente: Keynet Sistemas Profesionales (2020)

En la Figura 130 se puede observar el precio de todos los componentes que conforman el elemento pasivo Patch cords subrayado de color azul, el cual tiene un valor en Euros debido a que la empresa Keynet Systems es española, sin embargo como se especificó anteriormente se convierte a un valor de Dólar Americano con una conversión de 1.14 de Euro por Dólar.

**Figura 130**

*Costos de los componentes que conforman el equipo pasivo Patch cords obtenido del catálogo de tarifas de la empresa Keynet Systems*

		Latiguillos fibra monomodo (SM)			
LATIGUILLOS/PATCHCORDS SC SIMPLEX SM G657A2					
	8445209008945	TF-LSA13-Y006	Latiguillo SX SC/APC-SC/APC SM A2 1,9mm LSZH-FR amarilla 0,6mt	2,79 €/ud	10/200ud
	8445209008952	TF-LSA13-Y01	Latiguillo SX SC/APC-SC/APC SM A2 1,9mm LSZH-FR amarilla 1mt	2,86 €/ud	10/100ud
	8445209008969	TF-LSA13-Y02	Latiguillo SX SC/APC-SC/APC SM A2 1,9mm LSZH-FR amarilla 2mt	3,05 €/ud	10/100ud
	8445209008914	TF-LSA06-Y03	Latiguillo SX SC/APC-SC/APC SM A2 3mm LSZH-FR amarilla 3mt	3,24€/ud	10/60ud
	8445209008921	TF-LSA06-Y05	Latiguillo SX SC/APC-SC/APC SM A2 3mm LSZH-FR amarilla 5mt	3,62 €/ud	10/40ud
	8445209008938	TF-LSA06-Y10	Latiguillo SX SC/APC-SC/APC SM A2 3mm LSZH-FR amarilla 10mt	4,57 €/ud	10/30ud
	8445209009102	TF-LSU13-Y01	Latiguillo SX SC/UPC-SC/UPC SM A2 1,9mm LSZH-FR amarilla 1mt	2,79 €/ud	10/100ud
	8445209009119	TF-LSU13-Y02	Latiguillo SX SC/UPC-SC/UPC SM A2 1,9mm LSZH-FR amarilla 2mt	2,98 €/ud	10/100ud
	8445209009072	TF-LSU06-Y03	Latiguillo SX SC/UPC-SC/UPC SM A2 3mm LSZH-FR amarilla 3mt	3,17 €/ud	10/60ud
	8445209009089	TF-LSU06-Y05	Latiguillo SX SC/UPC-SC/UPC SM A2 3mm LSZH-FR amarilla 5mt	3,54 €/ud	10/40ud
	8445209009096	TF-LSU06-Y10	Latiguillo SX SC/UPC-SC/UPC SM A2 3mm LSZH-FR amarilla 10mt	4,49 €/ud	10/30ud
LATIGUILLOS/PATCHCORDS HÍBRIDOS SIMPLEX SM G657A2					
	8445209009003	TF-LSASU13-Y01	Latiguillo SX hib SC/APC-SC/UPC SM A2 1,9mm LSZH-FR amarillo 1mt	2,82 €/ud	10/100u
	8445209009010	TF-LSASU13-Y02	Latiguillo SX hib SC/APC-SC/UPC SM A2 1,9mm LSZH-FR amarillo 2mt	3,01 €/ud	10/100u
	8445209008686	TF-LLALU13-Y01	Latiguillo SX hib LC/APC-LC/UPC SM A2 1,9mm LSZH-FR amarillo 1mt	3,05 €/ud	10/100u
	8445209008693	TF-LLALU13-Y02	Latiguillo SX hib LC/APC-LC/UPC SM A2 1,9mm LSZH-FR amarillo 2mt	3,24 €/ud	10/100u
	8445209008709	TF-LLASA13-Y01	Latiguillo SX hib LC/APC-SC/APC SM A2 1,9mm LSZH-FR amarillo 1mt	3,14 €/ud	10/100u
	8445209008716	TF-LLASA13-Y02	Latiguillo SX hib LC/APC-SC/APC SM A2 1,9mm LSZH-FR amarillo 2mt	3,28 €/ud	10/100u
	8445209008884	TF-LLUSA13-Y01	Latiguillo SX hib LC/UPC-SC/APC SM A2 1,9mm LSZH-FR amarillo 1mt	3,05 €/ud	10/100u
	8445209008891	TF-LLUSA13-Y02	Latiguillo SX hib LC/UPC-SC/APC SM A2 1,9mm LSZH-FR amarillo 2mt	3,24 €/ud	10/100u
	8445209008907	TF-LLUSU13-Y02	Latiguillo SX hib LC/UPC-SC/UPC SM A2 1,9mm LSZH-FR amarillo 2mt	3,20 €/ud	10/100u

Fuente: Keynet Sistemas Profesionales (2020)

En la Figura 131 se puede observar el precio de todos los componentes que conforman el elemento pasivo Tubillo de fusión subrayado de color azul, el cual tiene un valor en Euros debido a que la empresa Keynet Systems es española, sin embargo como se especificó anteriormente se convierte a un valor de Dólar Americano con una conversión de 1.14 de Euro por Dólar.

### Figura 131

*Costos de los componentes que conforman el equipo pasivo Tubillo de fusión obtenido del catálogo de tarifas de la empresa Keynet Systems*

Empalme mecánico y protector fusión						
	8445209004138	FO-MS40	Empalmador mecánico 125-900um 40x4,4x4mm IL 0,3dB	4,34 €/ud	12ud	
	8445209000253	CFSP-B1245-CR	Protector empalme fibra óptica varilla 1,2 L45mm transparente	0,09 €/ud	12ud	
	8445209000260	CFSP-B1260-CR	Protector empalme fibra óptica varilla 1,2 L60mm transparente	0,10 €/ud	12ud	

Fuente: Keynet Sistemas Profesionales (2020)

### Anexo G: Listado de archivos de simulación y software de instalación

La lista de los archivos de simulación consta de dos redes, la primera hace referencia a la red óptica para el cliente más cercano y la segunda hace referencia a la red óptica para el cliente más lejano. Adicionalmente se agrega el software de instalación que es compatible con los archivos de simulación de las redes ópticas simuladas. En link de almacenamiento en la nube que se adjunta a continuación direcciona a dicho repositorio donde se encuentran alojados los archivos de simulación y el software de instalación.

Link: [https://utneduec-my.sharepoint.com/:f/g/personal/ksbolanose\\_utn\\_edu\\_ec/Eh0D2IXIINpLsZxUhz98s0BDIHRGYouGL2YuWULBR\\_bfw?e=L9VrQd](https://utneduec-my.sharepoint.com/:f/g/personal/ksbolanose_utn_edu_ec/Eh0D2IXIINpLsZxUhz98s0BDIHRGYouGL2YuWULBR_bfw?e=L9VrQd)