



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

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

Tesis Previa a la Obtención del Título de Ingeniero en Electrónica y Redes de  
Comunicación

### **TEMA:**

“DISEÑO DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA UTILIZANDO LA  
TECNOLOGÍA XG-PON PARA LA EXPANSIÓN DE SERVICIO DE  
INTERNET A LA COMUNIDAD DE CHUCHUQUÍ PARA LA EMPRESA  
SITEC.”

**Autor:** DIEGO ALEJANDRO SÁNCHEZ VILLARREAL

**Director:** MSC. JAIME ROBERTO MICHILENA CALDERÓN

**Asesor:** MSC. JOSÉ ROBERTO MARCILLO DEL CASTILLO

Ibarra-Ecuador

2023



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

**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:

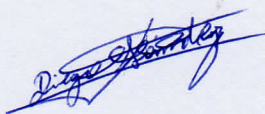
<b>DATOS DEL CONTACTO</b>			
<b>CÉDULA DE IDENTIDAD:</b>	1004013304		
<b>APELLIDOS Y NOMBRES:</b>	Sánchez Villarreal Diego Alejandro		
<b>DIRECCIÓN:</b>	Luis Felipe Borja y Jorge Dávila Mesa		
<b>E-MAIL:</b>	<a href="mailto:dasanchezv@utn.edu.ec">dasanchezv@utn.edu.ec</a>		
<b>TELÉFONO FIJO:</b>	062-958319	<b>TELÉFONO MÓVIL:</b>	0994604436
<b>DATOS DE LA OBRA</b>			
<b>TÍTULO:</b>	Diseño de una Red De Fibra Óptica utilizando la tecnología XG-PON para la expansión de servicio de Internet a la comunidad De Chuchuquí para la empresa SITEC.		
<b>AUTOR (ES):</b>	Sánchez Villarreal Diego Alejandro		
<b>FECHA: DD/MM/AAAA</b>	16/02/2023		
<b>PROGRAMA:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO		
<b>TÍTULO POR EL QUE OPTA:</b>	Ingeniera en Electrónica y Redes de Comunicación		
<b>ASESOR/DIRECTOR:</b>	MSc. Jaime Roberto Michilena Calderón		

**CONSTANCIAS**

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es la 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 19 días del mes de abril del 2023.

EL AUTOR:



Diego Alejandro Sánchez Villarreal

CI: 1004013304



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

**CERTIFICACIÓN**

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

Que, el presente trabajo de titulación " Diseño de una Red De Fibra Óptica utilizando la tecnología XG-PON para la expansión de servicio de Internet a la comunidad De Chuchuquí para la empresa SITEC. ", fue desarrollado en su totalidad por el Sr. Diego Alejandro Sánchez Villareal, bajo mi supervisión.

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

A handwritten signature in purple ink, appearing to read 'Jaime Michilena', with a long horizontal stroke underneath.

Ing. Jaime Michilena Calderón, MSc.  
CC: 1002198438

TUTOR



## DEDICATORIA

Este trabajo de Titulación se lo dedico para mis padres Guido y Carmen, quienes desde pequeño me han apoyado siempre con sus enseñanzas y valores, además de sus demostraciones de lucha día a día por ser unas personas de bien, haciendo grandes acciones hacia el prójimo y cultivando en mi la perseverancia por conseguir lo que uno se propone en la vida. También está dedicada a mi abuelita Dolores, que ha sido siempre como mi segunda madre, quien se ha preocupado por mi desde pequeño y ha estado siempre pendiente de mi bienestar.

A mis amigos Patricio, Kevin, Carlos, Cristian y Pedro, quienes han sido un apoyo cuando lo he necesitado.

Se que siempre estarán para mi incondicionalmente apoyándome siempre que lo necesite, ya sea con sus experiencias, consejos y ayuda en todo sentido.

Diego Alejandro Sánchez

## AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por darme la vida con todas las bendiciones que me da en el día a día y una familia con la que siempre puedo contar en momentos que lo necesito para poder lograr siempre mis metas que me propongo.

Agradezco a mi abuelita Dolores que siempre está pendiente de mí y me brinda su cariño incondicional que me ha formado como la buena persona que soy, mis tías Mariana, Ana, Magola que siempre han estado para darme la mano en circunstancias que se han dado en la vida.

Agradezco a mi tutor de tesis, el Ing. Jaime Michilena por guiarme en este trabajo dando sus conocimientos, enseñanzas y sugerencias tanto en este proyecto, como en la vida universitaria siendo profesor de algunas de las materias de la carrera profesional, y siendo una persona de grandes valores, humanismo y simpatía, logrando convertirse además de docente, un amigo.

Agradezco a aquellos profesores de la UTN quienes con sus enseñanzas lograron que aprenda muchos conocimientos, y quienes me guiaron en la preparación profesional para el desarrollo de este proyecto.

Agradezco a la vida por poner en mi camino a mis grandes amigos Patricio y Kevin quienes han estado en las buenas y malas, brindándome su apoyo y oído ante adversidades que se han presentado, y quienes me han ayudado a ser una gran persona logrando tener una verdadera amistad por años.

Diego Alejandro Sánchez

**ÍNDICE DE CONTENIDOS**

PORTADA.....	I
IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA.....	II
CONSTANCIAS.....	III
CERTIFICACIÓN .....	IV
DEDICATORIA .....	V
AGRADECIMIENTO .....	VI
RESUMEN .....	XXVIII
ABSTRACT.....	XXX
1 CAPITULO I: ANTECEDENTES.....	32
1.1 TEMA.....	32
1.2 PROBLEMA .....	32
1.3 OBJETIVOS.....	33
1.3.1 Objetivo General .....	33
1.3.2 Objetivos Específicos.....	33
1.4 ALCANCE .....	34
1.5 JUSTIFICACION.....	35
2 CAPITULO II: SUSTENTACIÓN TEÓRICA .....	36
2.1 Fibra Óptica.....	37

2.1.1	Ventajas y Desventajas de Fibra Óptica.....	39
2.2	Propagación de la Luz en Fibra Óptica .....	40
2.2.1	Velocidad de propagación de la luz .....	41
2.2.2	Difracción.....	41
2.2.3	Reflexión.....	42
2.2.4	Refracción .....	43
2.2.5	Ley de Snell.....	44
2.2.6	Ángulo crítico.....	45
2.3	Tipos de Fibra Óptica.....	46
2.3.1	Fibras Monomodo: .....	47
2.3.2	Fibras Multimodo:.....	48
2.3.3	Fibra con Salto de Índice (Step Index).....	49
2.3.4	Fibra con Variación de Índice (Graded Index).....	49
2.4	Ventanas de Trasmisión de la Fibra Óptica .....	51
2.5	Pérdidas y Problemas de la Fibra Óptica .....	53
2.5.1	Atenuación de la fibra óptica .....	53
2.5.2	Absorción intrínseca.....	54
2.5.3	Absorción extrínseca. ....	55
2.6	Dispersión en la Fibra Óptica.....	56
2.6.1	Dispersión modal (Vm).....	56

2.6.2	Dispersión cromática ( $V_c$ ) .....	57
2.6.3	Dispersión por modo de polarización ( $V_p$ ).....	57
2.7	Tipos de Cable de Fibra Óptica.....	57
2.7.1	Cable de estructura holgada .....	57
2.7.2	Cable de estructura ajustada.....	58
2.7.3	Cable Blindado.....	59
2.7.4	Cable Auto soportado o figura 8 .....	60
2.7.5	OPGW (Optical Ground Wire) .....	61
2.7.6	Cable ADSS (Aerial Dielectric Self-Supporting) .....	62
2.8	Tipos de Tendido de Fibra .....	63
2.8.1	Tendido en canalización Exterior.....	64
2.8.2	Tendido manual.....	65
2.8.3	Tendido aéreo.....	68
2.8.4	Tendido con tracción manual .....	70
2.8.5	Tendido con cabestrante.....	70
2.9	Empalme y Conexión de la Fibra Óptica .....	71
2.9.1	Técnicas de empalme .....	71
2.10	Conectores .....	73
2.10.1	Subscriber Connector (SC).....	73
2.10.2	Lucent Connector (LC) .....	73



2.10.3	Ferrule Connector (FC) .....	74
2.10.4	Straight Tip (ST) .....	75
2.11	Sistemas de Comunicación Óptica .....	75
2.11.1	Componentes del Sistema .....	76
2.12	Tecnologías de Acceso .....	77
2.12.1	Modelos de una Red FTTX.....	78
2.12.2	Modelos de redes FTTx.....	78
2.12.3	(FTTN) Fibra hasta el Nodo.....	78
2.12.4	(FTTC) Fibra hasta el Armario .....	79
2.12.5	(FTTB) Fibra hasta el Edificio .....	79
2.12.6	(FTTH) Fibra hasta el Hogar.....	80
2.13	Redes PON .....	81
2.13.1	APON o ATM-PON (Redes Ópticas Pasivas ATM) .....	85
2.13.2	BPON (Red Óptica Pasiva de Banda ancha).....	85
2.13.3	EPON (Red Óptica Pasiva Ethernet).....	86
2.13.4	GEPON (Red Óptica Pasiva Ethernet con capacidad de Gigabit) .....	87
2.13.5	GPON (Red Óptica Pasiva con capacidad de Gigabit) .....	87
2.13.6	XGPON .....	87
2.14	Cuadro Comparativo de las Redes PON.....	89
2.15	Redes XG-PON .....	90

2.15.1	XG-PON, definición de estas redes.....	91
2.15.2	La arquitectura de las redes ópticas XG-PON .....	91
2.15.3	La Arquitectura XG-PON. ....	91
2.15.4	Escenario entre FTTH y XG-PON. ....	93
2.15.5	Escenarios para la Migración .....	94
2.15.6	La migración de PON heredado hacia XG-PON. ....	94
2.15.7	El escenario de migración de PON referente al campo marrón. ....	95
2.15.8	El caso de escenario de migración del campo verde de PON. ....	95
2.15.9	La Migración de PON heredado hacia XG-PON. ....	96
2.15.10	Requerimientos de la Capa Física .....	97
2.15.11	Características que debe tener la fibra.....	97
2.15.12	Las longitudes de onda para XG-PON.....	97
2.15.13	El presupuesto de Potencia Óptica.....	97
2.15.14	La relación de división.....	98
2.15.15	La distancia de fibra óptica. ....	99
2.15.16	Requerimientos de Nivel del Sistema .....	100
2.15.17	Eficiencia energética y ahorro de energía. ....	100
2.15.18	La autenticación, identificación y el cifrado. ....	100
2.15.19	El Ancho de banda dinámico asignado. ....	101
2.15.20	La Seguridad ocular. ....	102

2.15.21	Requerimientos Operacionales.....	102
2.16	Las Arquitecturas de Red de Fibra Óptica (FTTH).....	104
2.16.1	Definición de la Arquitectura FTTH.....	104
2.16.2	Componentes que tiene Arquitectura FTTH .....	104
2.16.3	Dispositivo OLT.....	105
2.16.4	ONU y ONT.....	106
2.16.5	SMALL FORM-FACTOR (SFP) o Módulo Transceptor.....	107
2.16.6	Los cables de fibra óptica.....	107
2.16.7	Los conectores y acopladores de fibra óptica.....	108
2.16.8	Los Splitters.....	109
2.16.9	Los Pigtails y Patch Cords. ....	110
2.16.10	Las Mangas de empalme.....	111
2.16.11	ODF.....	112
2.17	Coexistencia entre XG-PON/GPON. ....	113
2.18	Metodologías en el Diseño de Proyectos.....	115
2.18.1	Cascada (“Waterfall”).....	116
2.18.2	Cadena Crítica.....	118
2.18.3	Metodología Ágil .....	119
2.18.4	Metodología Híbrida .....	121
2.18.5	Elección de la Metodología para el presente Proyecto .....	121

3	CAPITULO III: DISEÑO DE LA RED DE FIBRA OPTICA FTTH .....	122
3.1	ANTECEDENTES EMPRESA SITEC S.A. ....	122
3.2	La empresa SITEC S.A. ....	122
3.3	Situación actual de la empresa .....	122
3.3.1	Organigrama de la empresa.....	122
3.3.2	Servicios .....	123
3.3.3	Diseño y Arquitectura actual de la red de la empresa .....	125
3.4	UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LOS NODOS .....	125
3.4.1	Nodo Ibarra .....	125
3.4.2	Nodo Otavalo .....	126
3.4.3	Equipos y características de equipos en la empresa.....	128
3.5	Observación de Oferta y Demanda Existente y posible a Futuro .....	134
3.5.1	Oferta y Demanda en el mercado.....	135
3.5.2	Área de cobertura y su delimitación.....	137
3.5.3	Población.....	137
3.5.4	Proyección de la población .....	138
3.5.5	Situación Actual Proveedores .....	139
3.5.6	Proyección de abonados .....	140
3.5.7	Opiniones de los Abonados.....	142
3.5.8	Tamaño de la Muestra.....	142

3.5.9	Análisis y recolección de datos de la Encuesta .....	145
3.5.10	Pregunta 1.....	149
3.5.11	Pregunta 2.....	149
3.5.12	Pregunta 3.....	149
3.5.13	Pregunta 4.....	150
3.5.14	Pregunta 5.....	150
3.5.15	Pregunta 6.....	150
3.5.16	Pregunta 7.....	151
3.5.17	Pregunta 8.....	151
3.5.18	Pregunta 9.....	151
3.5.19	Pregunta 10.....	152
3.5.20	Pregunta 11.....	152
3.6	Parámetros para el Diseño de RED XGPON .....	153
3.6.1	Ubicación que tendrá la red.....	153
3.6.2	XGPON Especificaciones para la red .....	154
3.6.3	Elementos que componen esta red FTTH .....	155
3.6.4	Tipo de topología de División Óptica a implementar .....	156
3.6.5	Criterio ubicación de OLT .....	159
3.6.6	Ubicación de los NAP de primer nivel.....	161
3.6.7	Cable de Fibra Óptica para la red.....	161



3.6.8	Presupuestos de Potencia y Pérdida Óptica.....	167
3.6.9	Descripciones de Capa Dependiente de los Medios Físicos (PMD) .....	168
3.6.10	Cálculo de Presupuesto de Potencia Óptico .....	171
3.7	Diseño de la Red XGPON.....	184
3.7.1	Red FTTH software de diseño de la red.....	184
3.7.2	Diseño de la red Feeder/Troncal .....	186
3.7.3	Descripción y Ubicación de los NAP de nivel uno .....	189
3.7.4	Diseño red Distribución .....	193
3.7.5	Descripción y Ubicación de los NAP de nivel uno .....	200
3.7.6	Diseño de Red de Dispersión .....	215
3.7.7	Reservas de fibra óptica en la red FTTH.....	217
3.7.8	Diseño definitivo de la Red XGPON .....	225
3.7.9	Diagrama Unifilar .....	229
3.7.10	Simulación de Red de fibra óptica .....	230
4	ANALISIS COSTO-BENEFICIO.....	243
4.1	Características y costos de los equipos. ....	244
4.1.1	OLT- Costos y Especificaciones .....	244
4.1.2	ODF- Costos y Especificaciones.....	248
4.1.3	ONU- Costos y Especificaciones .....	249
4.1.4	NAP nivel Uno- Costos y Especificaciones .....	252

4.1.5	NAP Nivel dos-Costos y Especificaciones .....	254
4.1.6	Roseta Óptica-Costos y Especificaciones .....	257
4.1.7	Cable Fibra Óptica red Feeder- Costos y Especificaciones .....	258
4.1.8	Cable Fibra Óptica red Distribución- Costos y Especificaciones .....	261
4.1.9	Cable Fibra Óptica red Distribución- Costos y Especificaciones .....	263
4.1.10	Pigtails- Costos y Especificaciones.....	266
4.1.11	Patch Core - Costos y Especificaciones .....	268
4.1.12	Tubos de Fusión - Costos y Especificaciones .....	270
4.2	Análisis económico proyecto .....	273
4.3	Flujo de Caja .....	273
4.3.1	Egresos del Proyecto .....	273
4.3.2	Ingresos de Proyecto .....	276
4.3.3	Egresos e Ingresos Totales .....	278
4.4	Valor Presente Neto .....	279
4.5	Periodo de Recuperación de la Inversión.....	281
4.6	Análisis final de VPN y del PRI.....	282
5	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	284
5.1	CONCLUSIONES.....	284
5.2	RECOMENDACIONES .....	285
6	BIBLIOGRAFÍA .....	287

7	ANEXOS .....	298
7.1	ANEXO 1: Encuesta .....	298
7.2	ANEXO 2: Tabulaciones de Encuesta .....	301
7.3	ANEXO 3: Diseño de Red .....	307
7.4	ANEXO 4: Diagrama Unifilar .....	308
7.5	ANEXO 5: Datasheets .....	309
7.6	Anexo 6: Proyecciones Clientes SITEC S. A. ....	315

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b>	<i>Partes que conforman una Fibra Óptica: Núcleo (Core), Revestimiento (Cladding) y Revestimiento (Buffer).</i> .....	38
<b>Figura 2:</b>	<i>Difracción de la luz</i> .....	42
<b>Figura 3:</b>	<i>Reflexión de la luz</i> .....	43
<b>Figura 4:</b>	<i>Refracción de la luz</i> .....	44
<b>Figura 5:</b>	<i>Ángulo Crítico</i> .....	46
<b>Figura 6:</b>	<i>Guías de haz de luz en los tipos de Fibra Óptica</i> .....	47
<b>Figura 7:</b>	<i>Identificación de una Fibra Óptica</i> .....	49
<b>Figura 8:</b>	<i>Ventanas Ópticas de Operación.</i> .....	52
<b>Figura 9:</b>	<i>Atenuación en función de la longitud de onda</i> .....	55
<b>Figura 10:</b>	<i>Absorción debido a impurezas de iones metálicos en la fibra en la fabricación.</i> .....	56
<b>Figura 11:</b>	<i>Cable de estructura holgada</i> .....	58

<b>Figura 12:</b> <i>Cable de estructura ajustada</i> .....	59
<b>Figura 13:</b> <i>Cable blindado</i> .....	60
<b>Figura 14:</b> <i>Cable figura 8</i> .....	61
<b>Figura 15:</b> <i>Diseño OPGW</i> .....	62
<b>Figura 16:</b> <i>Cable ADSS</i> .....	63
<b>Figura 17:</b> <i>Sistema de tendido manual</i> .....	67
<b>Figura 18:</b> <i>Fijación de Cable</i> .....	70
<b>Figura 19:</b> <i>Fusión de dos fibras ópticas</i> .....	72
<b>Figura 20:</b> <i>Conector SC</i> .....	73
<b>Figura 21:</b> <i>Conector LC</i> .....	74
<b>Figura 22:</b> <i>Conector FC</i> .....	74
<b>Figura 23:</b> <i>Conector ST</i> .....	75
<b>Figura 24:</b> <i>Sistema de comunicación óptica básico</i> .....	75
<b>Figura 25:</b> <i>Descripción FTTN (Fibra hasta el Nodo)</i> .....	78
<b>Figura 26:</b> <i>Descripción de FTTC (Fibra hasta el Armario)</i> .....	79
<b>Figura 27:</b> <i>Descripción de una FTTB (Fibra hasta el Edificio)</i> .....	80
<b>Figura 28:</b> <i>Descripción de FTTH (Fibra hasta el Hogar)</i> .....	80
<b>Figura 29:</b> <i>Interacción entre FTTH, FTTB, FTTC</i> .....	81
<b>Figura 30:</b> <i>Diagrama de una Arquitectura de una red PON genérica</i> .....	83
<b>Figura 31:</b> <i>Tráfico de Canales Descendente y Ascendente</i> .....	84
<b>Figura 32:</b> <i>Evolución GPON</i> .....	89
<b>Figura 33:</b> <i>Arquitectura de redes ópticas XG-PON</i> .....	92
<b>Figura 34:</b> <i>Arquitectura de redes ópticas XG-PON para FTTH general</i> .....	93

<b>Figura 35:</b> <i>Escenarios para FTTH y XG-PON</i> .....	94
<b>Figura 36:</b> <i>Tipo de Migración de PON heredado a XG-PON</i> .....	96
<b>Figura 37:</b> <i>Presupuesto de Potencia Óptica definido según la normativa de la UIT-T G.987.1</i> .....	98
<b>Figura 38:</b> <i>Relación de división óptica para cada caso de topología de splitteo definido en la normativa de la UIT-T G 987.1</i> .....	99
<b>Figura 39:</b> <i>Descripción de Arquitectura FTTH, distribución de red de fibra óptica y los componentes que la conforman</i> .....	105
<b>Figura 40:</b> <i>Terminal De Línea Óptica (OLT) dispositivo muy importante en arquitectura de red FTTH</i> .....	106
<b>Figura 41:</b> <i>ONU dispositivo que conforman parte de la arquitectura de red FTTH</i> .....	107
<b>Figura 42:</b> <i>Cables de fibra óptica de la arquitectura de red FTTH</i> .....	108
<b>Figura 43:</b> <i>Conectores de fibra óptica que conforman parte de la arquitectura de red FTTH</i> .....	109
<b>Figura 44:</b> <i>Splitters ópticos dentro de la arquitectura de red FTTH</i> .....	110
<b>Figura 45:</b> <i>Patch Cords y Pigtails que conforman parte de la arquitectura de red FTTH</i> .....	111
<b>Figura 46:</b> <i>Mangas de empalme de la arquitectura de red FTTH</i> .....	112
<b>Figura 47:</b> <i>Coexistencia entre GPON y XG-PON.</i> .....	113
<b>Figura 48:</b> <i>Configuración óptica de referencia para la coexistencia de XGPON con GPON a través del WDM1r.</i> .....	114
<b>Figura 49:</b> <i>Configuración óptica de referencia para la coexistencia de XGPON con GPON a través de splitters.</i> .....	115



<b>Figura 50:</b> <i>Ejemplificación del modelo de cascada</i> .....	117
<b>Figura 51:</b> <i>Organigrama de empresa SITEC</i> .....	123
<b>Figura 52:</b> <i>Ubicación del Primero Nodo principal Ibarra</i> .....	126
<b>Figura 53:</b> <i>Ubicación Segundo Nodo Otavalo</i> .....	127
<b>Figura 54:</b> <i>Diagrama Esquemático nodo Otavalo donde llega el internet desde el proveedor internacional al cliente.</i> .....	128
<b>Figura 55:</b> <i>OLT MA5608T</i> .....	130
<b>Figura 56:</b> <i>Core de Control mikrotik ccr1072-1G-S8</i> .....	133
<b>Figura 57:</b> <i>Cisco Catalys 4948 switch</i> .....	133
<b>Figura 58:</b> <i>Router de borde Mikrotik modelo ccr1009-7g-2s</i> .....	134
<b>Figura 59:</b> <i>Curvas de demanda y oferta en un mercado</i> .....	136
<b>Figura 60:</b> <i>Proyección de la población al año 2020 en la parroquia Eugenio Espejo</i> .	139
<b>Figura 61:</b> <i>Área delimitada en la zona de Chuchuquí para el diseño de la red de fibra óptica</i> .....	153
<b>Figura 62:</b> <i>Arquitectura que tiene la red FTTH</i> .....	156
<b>Figura 63:</b> <i>Topología división óptica adicional en el nivel de red de acceso inferior</i> ..	157
<b>Figura 64:</b> <i>Red Feeder en herramienta Red FTTH</i> .....	159
<b>Figura 65:</b> <i>Ubicación de OLT en el nodo de la empresa, cerca de Censo Copacabana</i>	160
<b>Figura 66:</b> <i>Arquitectura de la red de fibra óptica</i> .....	173
<b>Figura 67:</b> <i>Primera Distancia del cliente más lejano en la zona de la comunidad Chuchuqui entre el OLT y el Cliente</i> .....	174
<b>Figura 68:</b> <i>Segunda Distancia al cliente más lejano posible de la OLT en la zona</i> .....	175
<b>Figura 69:</b> <i>Planes de licencia que oferta el desarrollador de la plataforma RedFTTH</i>	186

<b>Figura 70:</b> <i>Ubicación de red Feeder en el diagrama completo de Red de Fibra Óptica</i>	187
<b>Figura 71:</b> <i>Red Feeder en la herramienta red FTHH</i>	188
<b>Figura 72:</b> <i>NAP de nivel uno, que se encuentra después de la red Feeder que interconecta al inicio de la red de distribución.</i>	190
<b>Figura 73:</b> <i>Ubicaciones de los NAPs de nivel uno por la red Feeder</i>	191
<b>Figura 74:</b> <i>Información sobre la ubicación y descripción de los NAPs de nivel uno....</i>	192
<b>Figura 75:</b> <i>La posición de la red de distribución dentro del esquema general de la red de Fibra Óptica se encarga de conectar los NAP de primer nivel con los NAP de segundo nivel.</i>	194
<b>Figura 76:</b> <i>Red Distribución 1, inicia desde la NAP-1 de nivel uno</i>	195
<b>Figura 77:</b> <i>Red Distribución 2, inicia desde la NAP-2 de nivel uno</i>	196
<b>Figura 78:</b> <i>Red de Distribución 3 en 2 secciones desde el NAP-3 de nivel uno</i>	197
<b>Figura 79:</b> <i>Red Distribución 4, desde NAP-4 de nivel uno</i>	198
<b>Figura 80:</b> <i>Diseño de la red de fibra óptica con la herramienta RedFTTH, con los elementos: red Feeder, NAPs de nivel uno y red de distribución.</i>	200
<b>Figura 81:</b> <i>Ubicación de NAPs de segundo nivel en el diagrama de la red de Fibra Óptica, sección entre red de distribución y red de dispersión.</i>	201
<b>Figura 82:</b> <i>Descripción y ubicación en coordenadas de los NAPs de nivel dos de la Distribución 1.</i>	206
<b>Figura 83:</b> <i>Red de Distribución 1, con su respectivo NAP-1 de nivel uno y respectivos NAPs de nivel dos en el diseño.</i>	207

<b>Figura 84:</b> Descripción y ubicación en coordenadas de los NAPs de nivel dos de la Distribución 2.....	209
<b>Figura 85:</b> Red de Distribución 2, con su respectivo NAP-2 de nivel uno y respectivos NAPs de nivel dos en el diseño. ....	210
<b>Figura 86:</b> Descripción y ubicación en coordenadas de los NAPs de nivel dos de la Distribución 3.....	211
<b>Figura 87:</b> Red de Distribución 3, con su respectivo NAP-3 de nivel uno y respectivos NAPs de nivel dos en el diseño. ....	212
<b>Figura 88:</b> Descripción y ubicación en coordenadas de los NAPs de nivel dos de la Distribución 4.....	214
<b>Figura 89:</b> Ubicación de NAPs de nivel dos en la Distribución 4. ....	215
<b>Figura 90:</b> Red de Dispersión en el diagrama completo de Diseño de Fibra Óptica, correspondiente al enlace de los NAPs de nivel dos y la OLT. ....	216
<b>Figura 91:</b> Descripción de reservas para cada NAP de nivel uno, con la herramienta de diseño Red FTTH. ....	221
<b>Figura 92:</b> Descripciones de las reservas de NAPs de nivel 2 en la red de Distribución 1, en la herramienta de diseño Red FTTH.....	222
<b>Figura 93:</b> Descripción de reservas para los NAPs de nivel dos en la red de Distribución 2, en la herramienta de diseño Red FTTH.....	223
<b>Figura 94:</b> Descripción de reservas para los NAPs de nivel dos en la red de Distribución 3, en la herramienta de diseño Red FTTH.....	224
<b>Figura 95:</b> Descripción de reservas para los NAPs de nivel dos en la red de Distribución 4, en la herramienta de diseño Red FTTH.....	225

<b>Figura 96:</b> <i>Diseño definitivo de la red FTTH ensamblado un mapa con vista satelital de la comunidad Chuchuquí.</i> .....	226
<b>Figura 97:</b> <i>Diseño definitivo de la red FTTH acoplado en un mapa base de la comunidad Chuchuquí.</i> .....	227
<b>Figura 98:</b> <i>Diseño con mapa limpio y simbología de la red FTTH en la comunidad Chuchuquí</i> .....	228
<b>Figura 99:</b> <i>Descripción del Diagrama Unifilar del Diseño de Red</i> .....	230
<b>Figura 100:</b> <i>Diagrama de simulación de la red de fibra óptica con sus componentes, sección OLT.</i> .....	232
<b>Figura 101:</b> <i>Diagrama de simulación de la red de fibra óptica con sus componentes, sección Feeder.</i> .....	233
<b>Figura 102:</b> <i>Diagrama de simulación de la red de fibra óptica con sus componentes, sección NAP Primer Nivel.</i> .....	234
<b>Figura 103:</b> <i>Diagrama de simulación de la red de fibra óptica con sus componentes, sección de red de Dispersión.</i> .....	235
<b>Figura 104:</b> <i>Diagrama de simulación de la red de fibra óptica con sus componentes, sección de NAP de nivel dos.</i> .....	236
<b>Figura 105:</b> <i>Diagrama de simulación de la red de fibra óptica con sus componentes, sección de ONU</i> .....	237
<b>Figura 106:</b> <i>Diagrama de Arquitectura en la Simulación</i> .....	238
<b>Figura 107:</b> <i>Medida de la potencia óptica en dBm en la salida del emisor óptico en la red simulada.</i> .....	239
<b>Figura 108:</b> <i>Información en la simulación sobre la potencia óptico del cliente lejano</i>	240

<b>Figura 109:</b> Información en la simulación sobre la potencia óptico del cliente cercano .....	241
<b>Figura 110:</b> Descripción del modelo de OLT Huawei SmartAX EA5800 X2 .....	245
<b>Figura 111:</b> Descripción de elemento ODF para la red de Fibra Óptica .....	248
<b>Figura 112:</b> ONU marca Huawei, modelo EN8145X6 para tecnología XG-PON .....	250
<b>Figura 113:</b> Elementos que conformarán las NAPs de nivel uno para el diseño de Red de Fibra Óptica.....	252
<b>Figura 114:</b> Elementos que conforman las NAPs de nivel dos, modelo FDO-4016B-CAS116SA .....	255
<b>Figura 115:</b> Roseta para la red de Fibra óptica con sus elementos .....	258
<b>Figura 116:</b> Fibra óptica usada para el diseño de red de Feeder .....	259
<b>Figura 117:</b> Modelo de fibra óptica usada para el diseño de red en la parte de distribución .....	262
<b>Figura 118:</b> Cable de Fibra Óptica F80P-01A-LN-BR .....	264
<b>Figura 119:</b> Conformación Pigtail modelo TF-PSA12-Y015 .....	267
<b>Figura 120:</b> Descripción de Patch Cores .....	268
<b>Figura 121:</b> Descripción de Tubos de fusión .....	271

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Tipos de Fibra Óptica.....	50
<b>Tabla 2</b> Comparación de redes PON .....	90
<b>Tabla 3</b> Planes de Internet que ofrece la empresa.....	124
<b>Tabla 4</b> Características de equipos que posee la empresa.....	129
<b>Tabla 5</b> Característica de OLT MA5608T .....	130

<b>Tabla 6</b> Tabla poblacional Comunidades Parroquia Eugenio Espejo .....	137
<b>Tabla 7</b> Población y variación de habitantes en la comunidad Chuchuqui.....	139
<b>Tabla 8</b> Totales de abonados para cada proveedor al año 2022 en la Comunidad .....	140
<b>Tabla 9</b> Valores más utilizados en cálculo de una muestra.....	143
<b>Tabla 10</b> Datos de encuesta realizada a los abonados.....	146
<b>Tabla 11</b> Características importantes para considerar en el diseño de la tecnología XGPON según la norma ITU G.987.1 (Especificaciones técnicas).....	154
<b>Tabla 12</b> Características para un cable de fibra óptica según la norma UIT-T G.657.A162	
<b>Tabla 13</b> Características que presenta un cable de fibra óptica según la norma UIT-T G.652.D.....	165
<b>Tabla 14</b> Rangos de la atenuación por clases en G-PON.....	168
<b>Tabla 15</b> Rangos de atenuación para tecnología XG-PON.....	169
<b>Tabla 16</b> Parámetros de potencias transmitidas de OLT y recibidas de ONU.....	170
<b>Tabla 17</b> Rangos de atenuación de empalmes de fibra óptica .....	177
<b>Tabla 18</b> Grados de atenuación y sus rangos medios y máximos de pérdida de potencia .....	178
<b>Tabla 19</b> Atenuaciones para cada nivel de división óptica .....	179
<b>Tabla 20</b> Resumen de las características e información de NAP de nivel uno .....	193
<b>Tabla 21</b> Descripciones de NAPs segundo nivel .....	202
<b>Tabla 22</b> Reservas correspondientes a las redes de Feeder y Distribución.....	217
<b>Tabla 23</b> Tabla comparativa entre datos calculados y simulados sobre las potencias ópticas obtenidas a la entrada de receptor óptico de cliente lejano y cercano. ....	242
<b>Tabla 24</b> Especificaciones del producto Huawei SmartAX EA5800 X2.....	246

<b>Tabla 25</b> Tabla de detalle de costo de OLT .....	247
<b>Tabla 26</b> Tabla de detalle costo ODF.....	249
<b>Tabla 27</b> Especificaciones de ONU Huawei EN8145X6.....	250
<b>Tabla 28</b> Costos por ONU para el Diseño de Red .....	251
<b>Tabla 29</b> Características de NAP modelo FDO-3012-A.....	253
<b>Tabla 30</b> Costos de todos los componentes de NAP nivel uno para XG-PON.....	254
<b>Tabla 31</b> Características NAP nivel dos, modelo FDO-4016B-CAS116SA .....	255
<b>Tabla 32</b> Costos de NAP nivel dos para XG-PON del diseño de red .....	257
<b>Tabla 33</b> Costos de Roseta para el diseño de red.....	258
<b>Tabla 34</b> <i>Especificaciones de la fibra óptica F28-12HD-FP9S10W90I2 para la red troncal</i> .....	260
<b>Tabla 35</b> <i>Valor de la fibra óptica para la línea Feeder de la red óptica XG-PON</i> .....	261
<b>Tabla 36</b> <i>Características del modelo de fibra óptica F1A-08A-B2L2N</i> .....	262
<b>Tabla 37</b> <i>Valor de la fibra óptica para la línea Distribución de la red óptica XG-PON</i> .....	263
<b>Tabla 38</b> <i>Características del modelo de fibra óptica para la red de dispersión del diseño de red</i> .....	264
<b>Tabla 39</b> Valor de la fibra óptica para la línea Dispersión de la red óptica XG-PON...	266
<b>Tabla 40</b> Características del modelo de Pigtail SC/APC para el diseño de red .....	267
<b>Tabla 41</b> Valores para Pigtails SC/APC para el diseño de Red .....	268
<b>Tabla 42</b> Especificaciones Patch Core SC/APC y SC/APC-SC/UPC para el diseño de Red .....	269

<b>Tabla 43</b> Valores para Patch Core SC/APC y SC/APC-SC/UPC para el diseño de Red .....	270
<b>Tabla 44</b> Especificaciones Tubos de fusión para el diseño de Red .....	271
<b>Tabla 45</b> Valores para Tubos de Fusión para el diseño de Red .....	272
<b>Tabla 46</b> Egresos en total de los equipos Activos.....	274
<b>Tabla 47</b> Egresos totales de los equipos pasivos.....	274
<b>Tabla 48</b> Egresos totales respecto al personal operativo de la empresa.....	275
<b>Tabla 49</b> Egresos de movilizaciones total.....	276
<b>Tabla 50</b> Egreso total de operación y mantenimiento.....	276
<b>Tabla 51</b> Ingresos totales por prestación del servicio .....	277
<b>Tabla 52</b> Tabla de Flujo Neto por año .....	279



## RESUMEN

El presente trabajo se desarrolla el tema de Diseño de una Red De Fibra Óptica utilizando la tecnología XG-PON para la expansión de servicio de Internet a la comunidad De Chuchuquí para la empresa SITEC. La cual cuenta con un nodo en el sector de Calpaquí y busca proporcionar una mejor conexión de internet a las familias de la comunidad. Además, la tecnología de fibra óptica banda ancha permitirá a los abonados de otras empresas tener un mejor servicio y solucionar problemas de intermitencias y mal servicio al cambiarse a esta. El proyecto también busca brindar este servicio vital a personas que viven en zonas rurales que no son consideradas por algunas empresas. El objetivo principal del trabajo es el diseño de la red de fibra óptica para la expansión del servicio de internet en la comunidad de Chuchuquí.

Para lo cual se ha tomado la metodología de cascada para diseñar una red de fibra óptica utilizando la tecnología XG-PON para expandir el servicio de internet en la comunidad de Chuchuquí en la ciudad de Otavalo. Se ha realizado un estudio profundo de las necesidades de la comunidad y de la empresa SITEC S.A. Se ha utilizado encuestas para conocer las opiniones de los usuarios sobre el servicio y sus necesidades. La sustentación teórica se basa en la tecnología XG-PON y se ha seleccionado la red de acceso FTTH para el diseño de la red de fibra óptica. Además, se ha inspeccionado la zona para poder realizar el diseño de la red de fibra óptica, teniendo en cuenta las casas, familias y el crecimiento poblacional de Chuchuquí.

Una vez analizado y realizado este paso, se describe el proceso de simulación y verificación del diseño de una red de fibra óptica utilizando la tecnología XG-PON para brindar servicio de internet en la comunidad de Chuchuquí. Se menciona que se ha realizado una simulación para verificar la correcta funcionalidad del diseño y que se ha comparado con los cálculos realizados, resultando en un diseño factible. Además, se indica que se ha considerado el

aspecto financiero, tomando en cuenta los costos de los equipos y utilizando herramientas como VPN y PRI para analizar la rentabilidad y el tiempo de recuperación de la inversión.

El diseño de la red de fibra óptica con tecnología XG-PON y red de acceso FTTH en la comunidad Chuchuqui ha cumplido los objetivos planteados y la parte financiera indica que habrá ganancias para la empresa a lo largo del periodo propuesto. Se espera conseguir 256 usuarios al final del periodo y se tienen en cuenta las distancias desde la OLT a las ONUs, para asegurar que los valores de potencia no afecten a los equipos ni a la experiencia del usuario. Se pone en consideración el aumento de ancho de banda, mejores prestaciones y promociones para clientes antiguos y nuevos para lograr las metas de usuarios.

## ABSTRACT

The present work addresses the topic of Designing a Fiber Optic Network using XG-PON technology for the expansion of Internet service to the Chuchuquí community for the company SITEC. The company has a node in the Calpaquí sector and aims to provide better internet connection to families in the community. In addition, the broadband fiber optic technology will allow subscribers of other companies to have a better service and solve problems of intermittent and poor service when switching to this. The project also aims to provide this vital service to people living in rural areas that are not considered by some companies. The main objective of the work is the design of the fiber optic network for the expansion of internet service in the Chuchuquí community.

To this end, the waterfall methodology has been taken to design a fiber optic network using XG-PON technology to expand internet service in the Chuchuquí community in the city of Otavalo. A deep study has been conducted on the needs of the community and the company SITEC S.A. Surveys have been used to understand user opinions about the service and their needs. The theoretical background is based on XG-PON technology and the FTTH access network has been selected for the design of the fiber optic network. In addition, the area has been inspected to be able to design the fiber optic network, taking into account the houses, families, and population growth of Chuchuquí.

Once this step has been analyzed and carried out, the process of simulating and verifying the design of a fiber optic network using XG-PON technology to provide internet service to the Chuchuquí community is described. It is mentioned that a simulation has been carried out to verify the correct functionality of the design and that it has been compared with the calculations made, resulting in a feasible design. In addition, the financial aspect has been considered, taking

into account equipment costs and using tools such as VPN and PRI to analyze profitability and time to recover investment.

The design of the fiber optic network with XG-PON technology and FTTH access network in the Chuchuqui community has met the proposed objectives and the financial part indicates that there will be profits for the company over the proposed period. It is expected to achieve 256 users at the end of the period, and distances from the OLT to the ONUs are taken into account to ensure that power values do not affect equipment or user experience. The increase in bandwidth, better features, and promotions for both old and new customers are considered to achieve user goals.

## **1 CAPITULO I: ANTECEDENTES**

El presente capítulo expone todo aquello que abarca el problema que se está investigando, los objetivos planteados a cumplirse dentro de este proyecto, el alcance que va a tener el mismo, así como el detalle de los materiales y equipos que se debe utilizar con su alcance y beneficio de este.

### **1.1 TEMA**

Diseño de una Red de Fibra Óptica Utilizando la Tecnología XG-PON para la expansión de servicio de internet a la comunidad de Chuchuí para la empresa SITEC S.A.

### **1.2 PROBLEMA**

La empresa Servicio de Internet y Telecomunicaciones Sitec S.A. es una empresa en Ecuador, con sede principal en Ibarra. Se dedica a la actividad de reventa de servicios de Telecomunicaciones entre los cuales está el servicio de Internet, instalaciones de accesorios eléctricos, Redes Informáticas incluidas líneas de Fibra Óptica, antenas parabólicas. Actividades de suministro en acceso a internet por los operadores de la infraestructura de telecomunicaciones alámbricas, entre otras actividades de telecomunicaciones. El transporte del servicio de la empresa se lo maneja en tecnologías XG-PON y GPON debido a que actualmente, para el gran consumo de datos se necesitan velocidades de más de 1Gb. La empresa cuenta con los permisos de portador de servicios de telecomunicaciones a nivel nacional.

La empresa necesita generar el presupuesto para poder desplegar los proyectos de expansión de la red de fibra óptica en diferentes comunidades, teniendo una base de planificación con la finalidad de no volver a realizar un estudio completo cada vez que se requiera implementar o modificar una nueva infraestructura para brindar el servicio de Internet en este tipo de sectores y poder basarse en esto para futuras proyecciones. La empresa se enfoca

en llegar a las comunidades que no tienen acceso a tecnologías como FTTH donde grandes empresas no hacen una inversión debido a la poca rentabilidad de comunidades alejadas de las zonas urbanas, como en este caso en donde existe la petición del servicio de los habitantes de la comunidad Chuchuquí perteneciente al cantón Otavalo que se encuentra a la altura de Puerto Lago, al lado derecho de Mojanda, a 2KM de la panamericana.

La propuesta de trabajo de grado es realizar el Diseño de la red de Transporte y Distribución de FTTH, además también se generará el Volumen de obra del proyecto, para poder implementar la red de acceso a Internet en el sector. Por motivos de ubicación del lugar se debe utilizar tecnologías que permitan llegar a largas distancias y una buena conexión, como lo brinda XG-PON y de esta forma se pueda brindar a los usuarios el acceso a internet garantizando la disponibilidad y calidad a grandes velocidades. Con ello brindando un Servicio de Internet confiable, rápido y de calidad como el que cuentan las zonas Urbanas.

### **1.3 OBJETIVOS**

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

Diseñar una Red de Fibra Óptica FTTH utilizando tecnología XG-PON en la comunidad Chuchuquí del Cantón Otavalo, para brindar un servicio de calidad y ampliar la cobertura de la empresa SITEC S.A.

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

Analizar información de despliegue y estructura de la tecnología XG-PON en la implementación de redes FTTH.

Recolectar información de la situación actual y topográfica en la comunidad Chuchuí que permita identificar los proveedores de servicio de internet y la tecnología desplegada en la zona mediante encuestas y un estudio de campo.

Diseñar la Red de Fibra Óptica con tecnología XG-PON del proyecto para definir la capacidad y espacio que van a ser usados en la comunidad Chuchuí, generando el Volumen de Obra para conocer los resultados de costos y presupuestos estimados para la ejecución.

Realizar el costo-beneficio del proyecto que demuestre la rentabilidad que se genera con el proyecto, tanto para los habitantes como la empresa.

#### **1.4 ALCANCE**

El presente proyecto busca presentar un diseño de una red de Fibra Óptica FFTH, que cubra la totalidad de la comunidad Chuchuí del cantón Otavalo con el uso de tecnologías PON, centrándose en XG-PON (10-Gigabit-capable passive optical network systems) que está especificada en la Recomendación ITU-T G.987[1], de esta tecnología se debe comprender y analizar lo referente a la gran capacidad de transmisión de datos a altas velocidades. Con la finalidad de cumplir los objetivos planteados se utilizará la metodología de cascada que se implementa en este tipo de proyectos, el cual es un proceso de desarrollo secuencial en su ciclo de vida.

Para el diseño de esta red, se debe realizar la recolección de información de la situación actual en la comunidad de Chuchuí, mediante un estudio de campo se pueda evidenciar las tecnologías existentes en la zona, que brindan otros proveedores de servicio de internet, así como también la disposición de los moradores de adquirir el servicio por Fibra Óptica que oferte otra

empresa, con lo cual mediante encuestas se obtendrá los datos para realizar el análisis de aceptación en el lugar

Luego de recolectar toda la información de la situación actual en la zona, se procederá a realizar el crecimiento de la demanda de clientes que tendrá la empresa, con lo que se podrá diseñar la red de Fibra Óptica para cubrir la totalidad de la comunidad de Chuchuí. Así mismo generar el volumen de Obra con la finalidad de obtener los costos y presupuesto necesario para la implementación del proyecto y sirva de base para próximas expansiones de la empresa.

De acuerdo con los resultados obtenidos, se puede realizar el costo-beneficio del proyecto y demostrar la rentabilidad y factibilidad para llevar a cabo el Diseño de una Red de Fibra Óptica

Utilizando la Tecnología XG-PON para la expansión de servicio de internet a la comunidad de Chuchuí para la empresa SITEC.

## **1.5 JUSTIFICACION**

Para la expansión de la empresa y poder ofrecer un servicio de mejor calidad que el que pueda existir en el sector, ya sea de cable de cobre o inalámbrico se podrá desplegar este proyecto con fibra óptica que brinde mayores velocidades y mejor servicio de conexión a internet que otros métodos que se especifica en el reglamento de la Agencia de Regulación y Control de Telecomunicaciones[2], se requiere realizar el diseño de una red de fibra óptica utilizando la tecnología XG-PON ya que puede usar una gran velocidad en la transmisión de datos para brindar a los habitantes de la Comunidad Chuchuí un servicio de Internet como el derecho que tiene cualquier ciudadano ecuatoriano según el Acuerdo MINTEL 018-2017 referente al Ministerio de



Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información, en el numeral 2, que describe en una parte que “Todas las personas, en forma individual o colectiva, tienen derecho al acceso universal a las tecnologías de información y comunicación (...)”

La implementación de este proyecto, además de brindar un avance tecnológico a la comunidad Chuchuí, servirá como una base ante posibles nuevas expansiones a otros sectores para la empresa con el registro de rubros y presupuestos que se utiliza en la generación de este tipo de redes FTTH, ya que la empresa necesita el volumen de obra para no realizar este mismo procedimiento cada vez que se quiera poner en marcha proyectos similares en sectores de tipo rural.

Según una entrevista realizada al presidente de la Empresa SITEC S.A. “Se busca entre los objetivos de la empresa, poder tener una base para próximos proyectos con lo cual se puede brindar un gran servicio de Internet de alta calidad en zonas urbanas como rurales cumpliendo con los derechos de los ciudadanos ecuatorianos y extendiéndose a más áreas”. (F. Obando, presidente SITEC S.A., 04 de agosto de 2021).

## **2 CAPITULO II: SUSTENTACIÓN TEÓRICA**

En el presente capítulo se plantea bases teóricas para el proyecto, sobre elementos que componen principalmente una red de Fibra Óptica comúnmente en nuestros días y que nos servirá como fundamento en la selección de materiales y tecnologías a ser usados en este trabajo de titulación.

En la actualidad la tecnología ha avanzado desde las redes típicas de cobre a otro tipo de sistemas y transporte para la información en búsqueda de mayores velocidades, ya sea para empresas o enlaces domésticos hoy día se ha proliferado y se usa la Fibra Óptica, creando redes

con una arquitectura de tipo FTTH (Fiber to The Home) o Fibra hacia el Hogar para acceder a Internet, en niveles de acceso y transporte, a través de elementos ópticos pasivos GPON y XGPON, esta última soporta hasta 10 Gbps de descarga y 2,4 Gbs de subida, coexistiendo con señales GPON que se usa típicamente en el tipo de redes más usado en nuestros días.

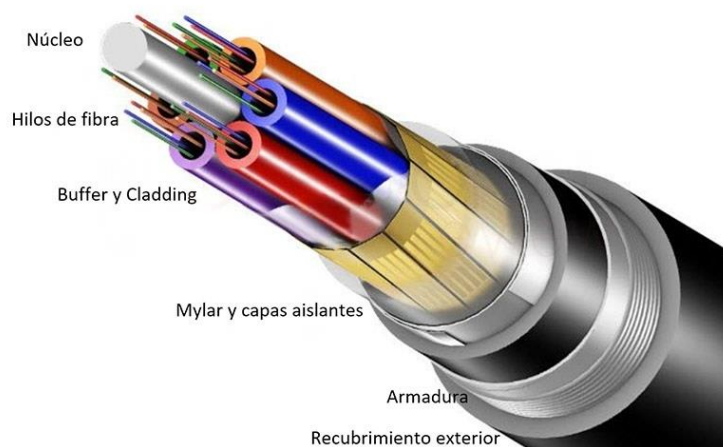
## **2.1 Fibra Óptica**

Según (Alustiza et al., 2019), una fibra óptica es un dispositivo el cual posee la capacidad de guiar radiación lumínica sin degradar significativamente la intensidad del haz que es transmitido por ella. Es presentado como un filamento muy delgado constituido por un material transparente a la luz en un rango de longitudes de onda determinado. Se compone fundamentalmente por dos zonas o regiones de índice de refracción levemente diferente: un cilindro interno llamado núcleo (core) y una corteza cilíndrica concéntrica con el primero llamada revestimiento (cladding), además es contenida por un recubrimiento (Buffer) que es una capa externa que suele ser por lo general de plástico que sirve para amortiguar y proteger la fibra. En una fibra óptica la luz normalmente se propaga en el interior del núcleo mediante un mecanismo denominado reflexión total interna.

En la Figura 1, podremos apreciar las partes que conforman la fibra óptica.

**Figura 1:**

*Partes que conforman una Fibra Óptica: Núcleo (Core), Revestimiento (Cladding) y Revestimiento (Buffer).*



Fuente: (Castillo José Antonio, 2019)

El material que se emplea para la fabricación es vidrio flexible sumamente duro y transparente, que se obtiene a través de un proceso de refinamiento muy elaborado a partir del componente dióxido de silicio. (Quelali V. & Chaves,S., 2015). Su revestimiento, como el núcleo, se encuentran conformados por material transparente ya sea de vidrio o en otros casos, plástico. Este tipo de guía de ondas facilita que los haces de luz se propaguen de manera confinada en su interior.

Los cables de fibra óptica por lo general utilizan uno o más elementos en su forma del cable completo. Los cables más complejos tienen dos o más elementos de fibra óptica (hilos).

Existen cables que contienen en su estructura gran número de hilos que van desde 2, 4, 8, 12, 24, 36, 48, 72 hasta inclusive 144 hilos.

### **2.1.1 Ventajas y Desventajas de Fibra Óptica**

Según V. S. (Bagad V. S., 2009):

El funcionamiento de la fibra óptica se basa en la transmisión a través del núcleo de la fibra un haz de luz, tal que este no atraviese el revestimiento, sino más bien se refleje y se vaya propagando. Esto se consigue si el índice de refracción del núcleo es mayor al índice de refracción de revestimiento, y si el ángulo de incidencia es superior al ángulo límite.

#### **2.1.1.1 Ventajas**

- Posee un alto ancho de banda, logrando que la transmisión dependa de la capacidad de procesamiento del emisor-receptor más que del medio.
- Maneja multiprotocolo (TCP/IP, SCSI, etc.).
- Es muy segura ya que no hay acceso a los datos transmitidos sin romper la fibra.
- El cable es muy liviano y se corroe con dificultad
- Son ligeros y de tamaño reducido
- Son capaces de soportar grandes anchos de banda a altas velocidades de transmisión de datos.
- Están relativamente libres de la interferencia electromagnética.
- Tienen una alta fiabilidad junto con una larga vida operativa.
- Tienen un reducido ruido y cruce de datos comparados con los cables de cobre convencionales.
- Tienen relativamente valores bajos de atenuación debido al medio de transmisión.

- Tienen aislamiento eléctrico y están libres de conexión a tierra.
- No se ve afectada por ruido ni interferencias.

#### **2.1.1.2 Desventajas**

- El conjunto de conectores, cable, placas, dispositivos para fibra, etc. Son de alto costo para el uso no comercial, por eso se utiliza como backbone donde la transmisión es a un gran volumen de información a grandes velocidades.
- La fibra es frágil, lo que complica un poco la instalación.
- Los empalmes entre fibra son complejos.
- Siempre se va a necesitar un conversor óptico-eléctrico, ya que es casi imposible tener toda una red.
- La resistencia de la industria a la introducción de una nueva tecnología.
- Necesidad de un alto grado de precisión cuando se conectan cables y terminales conectores.
- Necesidad de tener en cuenta la resistencia mecánica de las fibras y la necesidad de asegurar que las curvas que dan los cables tengan radios suficientemente grandes para minimizar las pérdidas o la posibilidad de daños a las fibras.

## **2.2 Propagación de la Luz en Fibra Óptica**

Este es un componente básico en el funcionamiento de los sistemas basados en fibra óptica, por lo cual se debe exponer a detalle los efectos que se producen en la propagación de haces de la luz en la transmisión.

### 2.2.1 *Velocidad de propagación de la luz*

La velocidad de propagación de la luz en fibra óptica, como se verá en la siguiente Ecuación 1, se relaciona en proporción directa con el índice de la refracción del material con el que se encuentra constituido el núcleo, por lo cual, al ser este índice mayor a la unidad, la velocidad de propagación siempre será menor a la velocidad de la luz en el vacío  $3 \times 10^8$  m/s.

$$v = \frac{c}{n}$$

**Ecuación 1** Velocidad de propagación en la fibra óptica

Fuente: (Palacios, 2020) .

Donde:

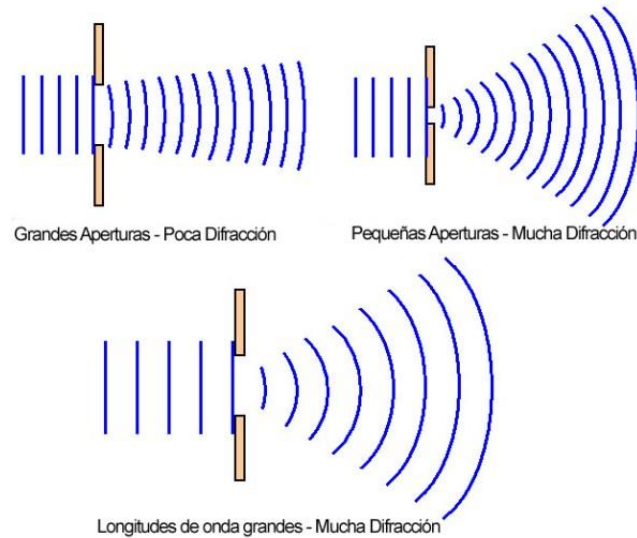
v: Es la velocidad de propagación en la fibra óptica

c: Es la velocidad de la luz en el vacío

n: Es el índice de refracción del núcleo en la fibra

### 2.2.2 *Difracción*

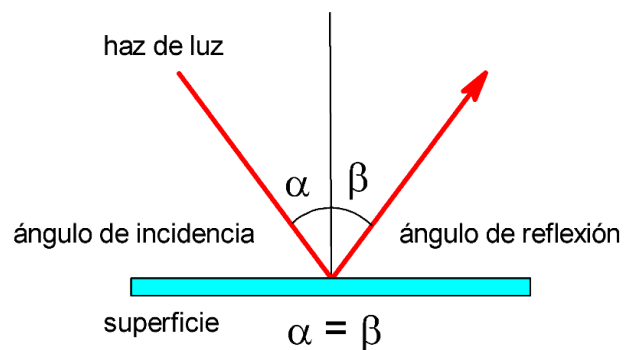
Este fenómeno se genera cuando, la onda luminosa sufre desviación de rayos luminosos o su ensanchamiento cuando este haz pasa por un cuerpo opaco o una abertura de diámetro menor o igual que la longitud de la onda, como se puede apreciar algunos tipos de difracción en la siguiente Figura 2 (Ramírez, 2022).

**Figura 2:***Difracción de la luz*

Fuente: (Ramírez, 2022)

**2.2.3 Reflexión**

Este es un cambio en la dirección de una onda, esto se dice, cuando un haz de luz entra en contacto entre el medio por el que viaja y un medio diferente a este, parte de su energía es transferida hacia el siguiente medio, haz o transmisión, y el resto de la energía regresa al medio original como un haz que es reflejado, como se puede ver en la siguiente Figura 3 a continuación. Es la base fundamental utilizada en la comunicación óptica, con el propósito de mantener la onda de luz dentro del núcleo de la fibra y entregarla al destino. (Pérez, 2012).

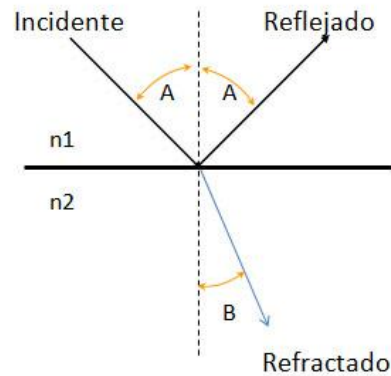
**Figura 3:***Reflexión de la luz*

Fuente: (Ondarse, 2022)

**2.2.4 Refracción**

Esto pasa cuando se produce el cambio de dirección que experimenta un haz lumínico, de pasar de un medio hacia otro con densidades distintas. Este haz cambia en su velocidad y en su dirección al contacto con la superficie, como podemos apreciar en la Figura 4. En caso de que el primer medio es menos denso que el segundo, el haz refractado se desvía hacia la normal ( $\theta_1 > \theta_2$ ), pero si es todo lo contrario, es decir, es más denso, la dirección que toma el haz refractado será mayor con relación a la normal ( $\theta_1 < \theta_2$ ) (MIMC, 2022)



**Figura 4:***Refracción de la luz*

Fuente: (Tabernero, 2010)

**2.2.5 Ley de Snell**

Dicha ley permite medir la refracción de la luz, esta misma enuncia, que para un rayo luminoso que tiene un ángulo de incidencia  $\theta_1$  sobre el primer medio, el ángulo medido entre la normal hacia la superficie y la dirección de propagación del rayo, se obtendrá un ángulo de propagación  $\theta_2$  en el segundo medio, como se indica en la siguiente Ecuación 2. La dirección de propagación variará, todo esto dependiendo del cociente entre los índices de refracción  $n_1$  y  $n_2$  (“Ley de Snell”, 2021).

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$$

**Ecuación 2. Ley Snell**

Fuente. (Ley de Snell, 2022)

Donde:

$n_1$  = es el primer índice de refracción

$n_2$  = es el segundo índice de refracción

$\theta_1$  = ángulo de incidencia

$\theta_2$  = ángulo de refracción

### 2.2.6 *Ángulo crítico*

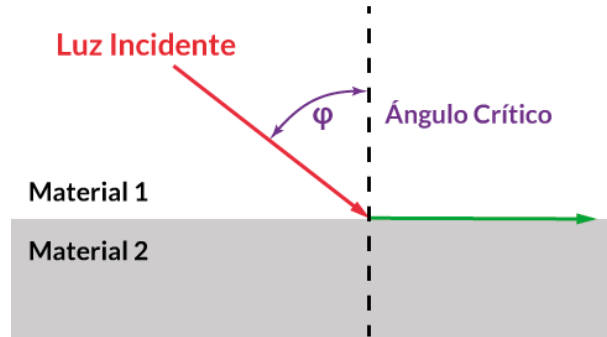
Toda la luz que entra por un extremo de una fibra óptica viaja a lo largo de la fibra por reflexión cíclica. Para esto, el haz incidente debe estar en un ángulo mayor que el llamado ángulo "crítico", de lo contrario, la refracción conducirá a la pérdida de energía. (Erden, 2020). Para medir este ángulo se utiliza la Ecuación 3, vista a continuación:

$$\theta_c = \sin^{-1} \frac{n_2}{n_1}$$

**Ecuación 3.** Ecuación ángulo crítico

Fuente. (Erden, 2020)

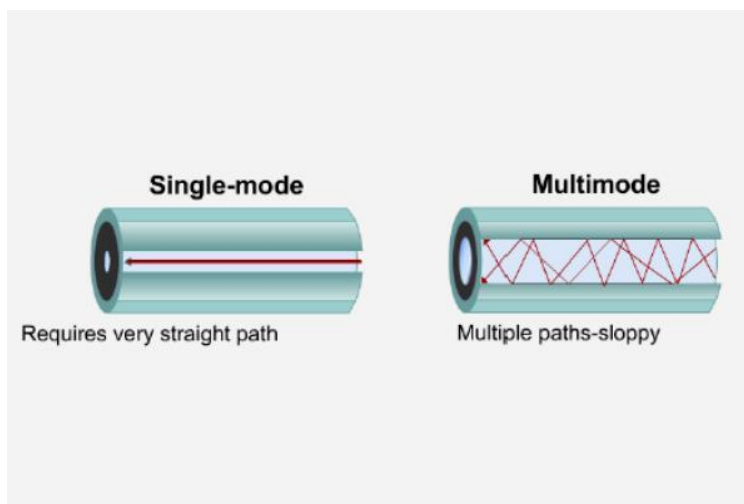
*En la Figura 5, podremos observar la reflexión total por el ángulo crítico entre 2 materiales:*

**Figura 5:***Ángulo Crítico*

Fuente: (Martínez, 2018)

**2.3 Tipos de Fibra Óptica**

En cuanto a los diversos criterios relacionados con la clasificación de las fibras según el modo de transmisión del haz de luz en el interior del núcleo, podemos decir que se clasifican según la Figura 6.

**Figura 6:***Guías de haz de luz en los tipos de Fibra Óptica*

Fuente: (OPTICOMFIBER, 2019)

**2.3.1 Fibras Monomodo:**

Estas fibras tienen un diámetro de núcleo muy estrecho porque solo permiten un método de transmisión. Tienen una atenuación excepcional de 0.1dB a 0.2dB por km. Su núcleo varía en tamaño de 8  $\mu\text{m}$  a 10  $\mu\text{m}$ , por lo que requiere una coherencia de luz muy limitada y precisa. Este diámetro tan estrecho hace que el haz se propague por un camino muy paralelo al eje de la fibra, evitando así el desfase al final de la transmisión y reduciendo la dispersión inducida.

Con un ancho de banda tan alto, el problema es que no todas las longitudes de onda llegan al destino al mismo tiempo, por lo que la dispersión del color tiene una gran influencia en el diseño. El alto ancho de banda de esta fibra, junto con su baja pérdida y poca dispersión, la convierte en la fibra ideal para enlaces de larga distancia. Sin embargo, a menudo requiere una instalación y un mantenimiento cuidadosos (Prieto, 2014).

### 2.3.2 *Fibras Multimodo:*

Según Prieto Jaime (Prieto, 2014), La fibra multimodo consta de todas las fibras con un gran diámetro de núcleo, por lo que puede transmitir múltiples modos de transmisión simultáneamente. Tienen una atenuación típica de 0,3 dB a 1 dB por km. El núcleo tiene un tamaño de aproximadamente 50  $\mu\text{m}$  o 62,5  $\mu\text{m}$ , lo que facilita el acoplamiento de la luz en sus diversos modos. Como resultado, los LED se pueden usar como fuentes de emisión y como conectores, que son más fáciles de instalar y mantener a un costo menor que la fibra monomodo.

En fibra multimodo, hay dos modos de propagación, índice de refracción fijo o índice de refracción ordenado. Índice de refracción fijo o índice de espacio fijo La fibra multimodo tiene un espacio marcado entre el núcleo y el revestimiento, que permanece constante entre estos elementos durante la transmisión de información. En personas con estadísticas ascendentes, los núcleos de estadísticas variables disminuyen con el radio del eje hacia afuera. El hecho de que transmitan varios modos simultáneamente le da a este tipo de fibra una dispersión especial conocida como dispersión intermodal y esto ocurre porque los haces de luz recorren diferentes distancias y no tienen destino en diferentes momentos.

Las fibras de índice progresivo, en comparación con las fibras de índice progresivo, tienen menos dispersión intermodal porque el haz de luz viaja en la dirección de la ondulación, por lo que las fibras cercanas al eje viajan menos distancias, pero más lentamente. Una de las ventajas de la menor dispersión multimodal radica en el hecho de que representa una distancia de propagación mayor que la distancia de velocidad de paso. Inicialmente, este tipo de fibra fue el más utilizado debido a los problemas mecánicos que surgen al trabajar con fibras monomodo. En el mismo circuito, podemos definir que una Fibra Multimodo de acuerdo a su índice de refracción en el núcleo se clasifica de la siguiente manera:

### 2.3.3 Fibra con Salto de Índice (Step Index)

En este tipo de fibra, el índice de refracción del núcleo se mantiene constante, variando la distancia desde el centro de la fibra hacia el exterior.

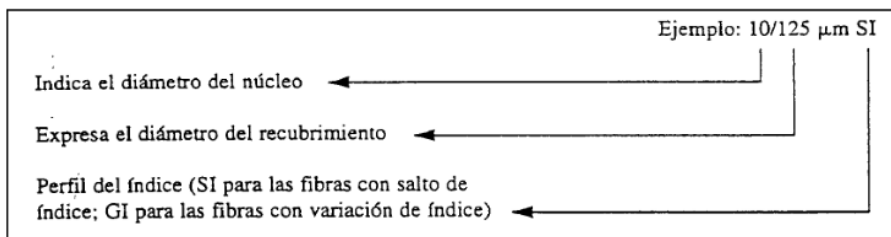
### 2.3.4 Fibra con Variación de Índice (Graded Index)

En este tipo de **fibra**, el índice de refracción del núcleo cambia a medida que aumenta la distancia desde el centro de la fibra hacia el exterior.

Por lo tanto, la fibra óptica se puede identificar mediante dos números seguidos de un acrónimo que indica la configuración del índice de refracción, que se puede identificar a continuación en la figura 7.

#### Figura 7:

*Identificación de una Fibra Óptica.*



Fuente: (Santa Cruz, 2018)

La siguiente Tabla 1, nos indica un resumen también de la clasificación de estos tipos de fibra Monomodo y Multimodo según la norma ITU-T 2016:

**Tabla 1***Tipos de Fibra Óptica*

<i>Tipos de Fibra</i>	<i>Clasificaciones</i>	<i>Definición</i>
<b>FIBRA MONOMODO</b>	<i>SMF( Standard Single-Mode Fiber)</i>	Este tipo tiene una dispersión cromática nula ya trabaja a 1310 nm con una atenuación de 0,34 dB/Km en la segunda ventana. La dispersión cromática se eleva, cuando esta trabaja a 1550 nm disminuyendo de manera abrupta el ancho de banda.
	<i>DSF ( Dispersion Shifted Fiber)</i>	En este tipo, se modifica el perfil del índice de refracción para lograr que la longitud de onda de dispersión nula se coloque en la tercera ventana, trabajando con una atenuación en el orden de los 0,25 dB/Km. El mayor problema que presenta son los efectos no lineales.
	<i>NZDSF (Non Zero Dispersion Shifted Fiber)</i>	El objetivo es evitar los problemas de no linealidad que se presentan en las fibras de dispersión desplazada. Cuando se trabaja a 1550 nm, los valores de dispersión están cercanos al cero,

además, existen fibras con valores de dispersión  
(NZDSF +/-)

### *Índice Escalonado*

El índice de refracción del núcleo es constante, de manera que, la velocidad de propagación es la misma para todos los modos. Cuando este cubre diferentes trayectorias los modos llegan en diferentes tiempos lo que produce un retardo que ensancha el pulso de luz

## **FIBRA**

### **MULTIMODO**

### *Índice Gradual*

A diferencia del anterior, el índice de refracción del núcleo no es constante, es máximo en el centro y va disminuyendo a medida que se acerca a los extremos.

---

Fuente: (ITU-T, 2016a)

## **2.4 Ventanas de Trasmisión de la Fibra Óptica**

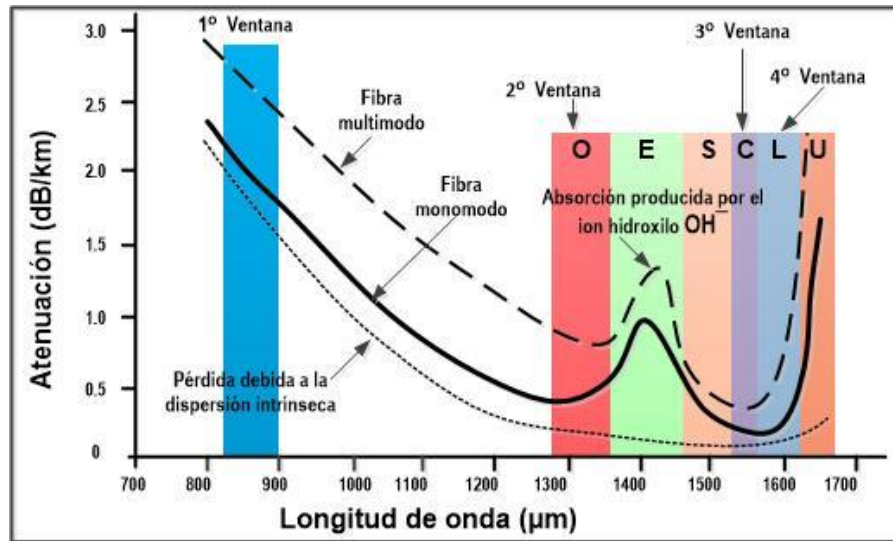
Para que las comunicaciones por fibra óptica puedan ser posibles, deben suceder bajo ciertas condiciones favorables (como menor pérdida) y en ciertas regiones del espectro eléctrico; Estas áreas son llamadas ventanas.

La atenuación de la fibra óptica es independiente de la velocidad en baudios a la que se utiliza. Puede variar dependiendo de la longitud de onda de la luz que viaja a través de la fibra. Pasa por el mínimo en ciertas longitudes de onda, lo que se conoce como ventana de transmisión, como se puede ver en la Figura 8.



**Figura 8:**

*Ventanas Ópticas de Operación.*



Fuente: (Panchi, 2016)

En la figura 8 podemos observar también, otra forma de dividir el espectro, lo que se conoce también como “Bandas Ópticas”.

- a) Banda O (Original): 1270 nm – 1365 nm
- b) Banda E (Extendida): 1370 nm – 1465 nm
- c) Banda S (Longitud de Onda Corta): 1470 nm – 1530 nm
- d) Banda C (Convencional): 1530 nm – 1565 nm
- e) Banda L (Longitud de Onda Larga): 1570 nm – 1610 nm

## **2.5 Pérdidas y Problemas de la Fibra Óptica**

La fibra multimodo tiene un diámetro suficiente para permitir que los rayos de luz se reflejen internamente (reboten en la pared de la fibra). La interfaz óptica multimodo generalmente utiliza la señal LED como fuente de luz. Sin embargo, el indicador LED no es una fuente estable de circuitos. Producen diferentes longitudes de onda de luz en una fibra multimodo, reflejando la luz en diferentes ángulos. Los rayos de luz viajan de manera desigual a lo largo de la fibra multimodo, provocando la dispersión de la señal. A medida que la luz pasa a través del núcleo de la fibra, se encuentra con su revestimiento, lo que da como resultado una pérdida de modo de orden superior. Juntos, estos factores limitan la distancia de transmisión de la fibra multimodo en comparación con la fibra monomodo.

Las fibras monomodo tienen un diámetro tan pequeño que los rayos de luz solo pueden reflejarse internamente en una sola capa. La interfaz óptica monomodo generalmente usa el indicador LED como fuente de luz. El láser produce una longitud de onda de luz que viaja en línea recta a través de una fibra monomodo. En comparación con la fibra multimodo, la fibra monomodo tiene un mayor ancho de banda y puede transmitir señales a distancias más largas.

Exceder la distancia máxima de transmisión puede causar una pérdida severa de la señal, lo que resulta en una transmisión poco confiable.

A continuación, podremos analizar algunos tipos de pérdidas.

### **2.5.1 Atenuación de la fibra óptica**

Es la pérdida de datos en el cable de fibra óptica, generalmente por desgaste, rotura, defecto de fabricación o mala instalación; esto se mide en decibelios y puede detectarse por la pérdida de segmentos de señal en el núcleo (Reyes, 2017). Entre estos tenemos:

a) Atenuaciones extrínsecas: debido a la mala manipulación o instalación de la fibra, donde se dan pérdidas de 0.3 a 0.8 dB.

b) Atenuaciones intrínsecas: cantidad de luz que es reflejada a causa de un cambio de medio, como se indica en la Ecuación 4.

$$Luz\ Reflejada_{(\%)} = 100 \times \frac{(n_1 - n_2)^2}{(n_1 + n_2)^2}$$

**Ecuación 4.** Cantidad de luz reflejada en la fibra

Fuente: (Reyes, 2017).

Donde:

$n_1$  = Es el índice de refracción del núcleo

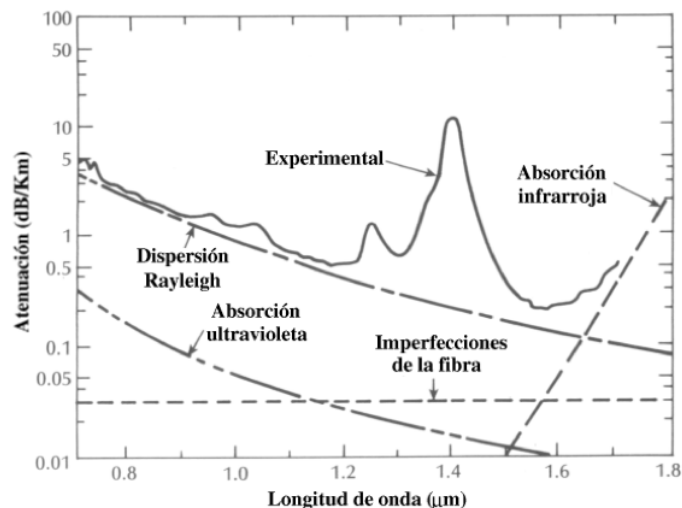
$n_2$  = Es el índice de refracción del aire

### 2.5.2 *Absorción intrínseca*

Esto se debe a las propiedades básicas de la fibra. Si consideramos que la fibra suelta todas las impurezas e imperfecciones, entonces todas las pérdidas serán intrínsecas. Estos solo se pueden superar variando el vidrio de sílice en la longitud de onda del rango activo de 700 nanómetros (nm) a 1600 nm (TELPRO, 2021). Esto se puede ver en la Figura 9 a continuación:

**Figura 9:**

*Atenuación en función de la longitud de onda.*



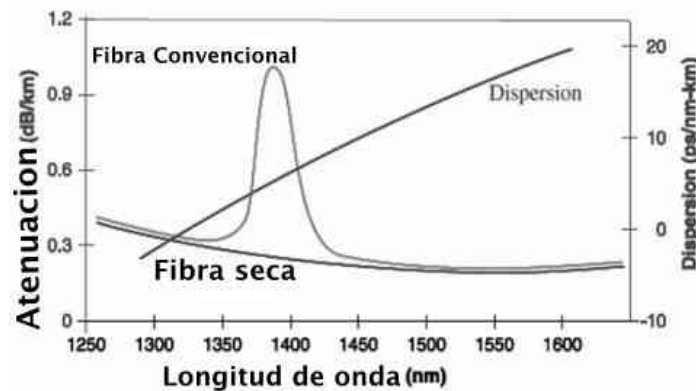
Fuente: (TELPRO, 2021).

### 2.5.3 Absorción extrínseca.

Según (TELPRO, 2021), esto se produce por la presencia de impurezas en la fibra como iones metálicos como  $Fe^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$ ,  $Cr^{3+}$  o la presencia de iones hidroxilo ( $OH^-$ ), es decir, silicio-hidroxilo ( $Si-OH$ ) internamente. Para la pérdida más baja ( $<1$  dB/km), las impurezas metálicas deben ser inferiores a una parte por billón en comparación con la fibra seca. La concentración de iones  $OH^-$  se reduce y se puede ver que el pico a  $1.39\mu m$  desaparece

**Figura 10:**

*Absorción debido a impurezas de iones metálicos en la fibra en la fabricación.*



Fuente: (TELPRO, 2021)

## 2.6 Dispersión en la Fibra Óptica

Entre los problemas de la propagación de los pulsos de luz en las fibras ópticas está el ensanchamiento en el tiempo, ya que este depende de la distancia recorrida. El ancho de banda de la señal en esta comunicación se verá afectado y por lo tanto se reducirá la capacidad de transmisión. Entonces a continuación podremos ver que hay tres tipos de dispersión:

### 2.6.1 Dispersión modal ( $V_m$ )

Solo funciona en fibras multimodo. Debido a la diferencia en el tiempo de propagación del haz de luz, el pulso se expande. Un problema que puede surgir es cuando la dispersión es muy grande, ya que es donde un pulso puede superponerse al siguiente, provocando interferencias entre símbolos, afectando la comunicación. Una forma de solucionar este problema es utilizar fibra multimodo de índice de gradiente (Ruiz, 2019).

### **2.6.2 Dispersión cromática ( $V_c$ )**

Ocurre debido al origen de la señal de luz, ya que produce un espectro de más de una longitud de onda, que se conoce como "ancho espectral". Cada haz de luz viaja a una velocidad diferente, experimentando diferentes retrasos y provocando ensanchamiento del pulso. Este tipo de dispersión está presente en todo tipo de fibras ópticas, pero afecta principalmente a las fibras monomodo (Ruiz, 2019).

### **2.6.3 Dispersión por modo de polarización ( $V_p$ )**

Al no tener el mismo índice de refracción ni el mismo diámetro en las dos direcciones perpendiculares de cada modo, la asimetría que se produce en el núcleo provoca este tipo de dispersión. Cada componente se mueve a diferentes velocidades en diferentes momentos, lo que hace que el pulso se amplíe. Se consideran de fundamental importancia para sistemas de alta velocidad, es decir, por encima de 10 Gbps (Ruiz, 2019).

## **2.7 Tipos de Cable de Fibra Óptica**

Si hablamos de la estructura de un cable de fibra óptica, tenemos que decir que tiene muchas capas de protección, ya que es muy frágil y puede fragmentarse fácilmente. Su composición depende del lugar donde se instalará, las condiciones climáticas, la distancia que recorrerá, etc. Así, veremos a continuación diferentes tipos de fibras ópticas según su diseño:

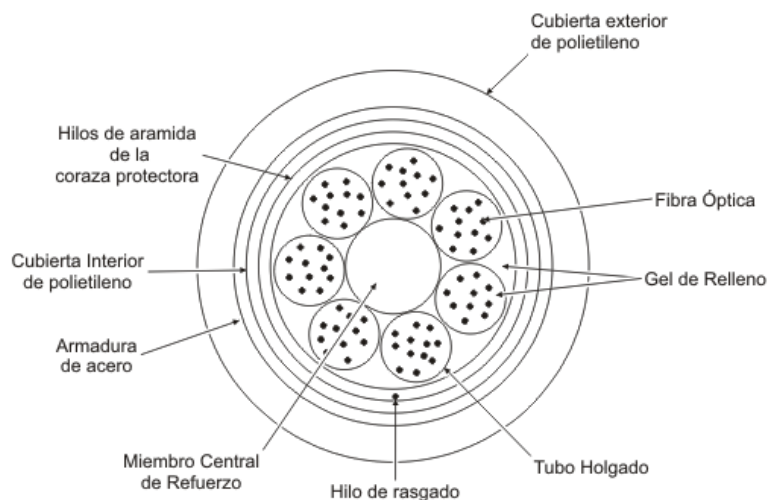
### **2.7.1 Cable de estructura holgada**

- Tiene un gel especial de relleno entre tubos para impedir que el agua ingrese a la fibra.
- Normalmente, el miembro central de refuerzo está compuesto de acero.
- Este tipo de cables se utiliza comúnmente para exteriores.

• La cubierta exterior suele estar compuesta de polietileno, pero depende del lugar a ser instalada la fibra (SILEXFIBER, 2014).

### Figura 11:

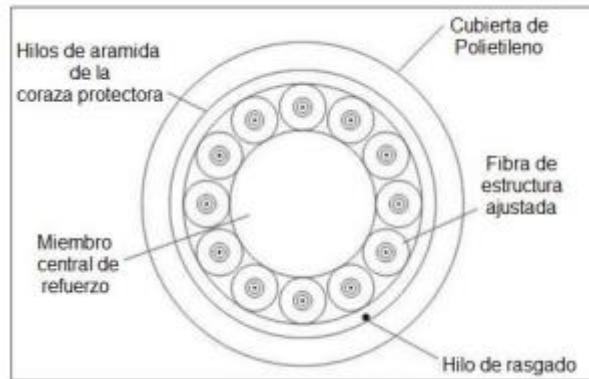
#### *Cable de estructura holgada*



Fuente: (SILEXFIBER, 2014).

#### **2.7.2 Cable de estructura ajustada**

Contiene varias fibras con protección secundaria que rodean un miembro central de tracción, y todo ello cubierto de una protección exterior. La protección secundaria de la fibra consiste en una cubierta plástica de 900  $\mu\text{m}$  de diámetro que rodea al recubrimiento de 250  $\mu\text{m}$  de la fibra óptica. (SILEXFIBER, 2014).

**Figura 12:***Cable de estructura ajustada*

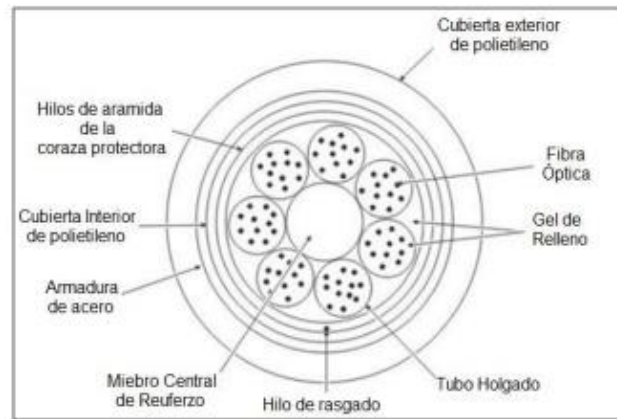
Fuente: (SILEXFIBER, 2014).

### 2.7.3 Cable Blindado

- La característica básica de este cable es su revestimiento adicional bajo la cubierta exterior, generalmente de hilo de aramida 2.

- Este cable se lo utiliza por lo general en lugares sometidos a enormes presiones (Apablaza, 2015).

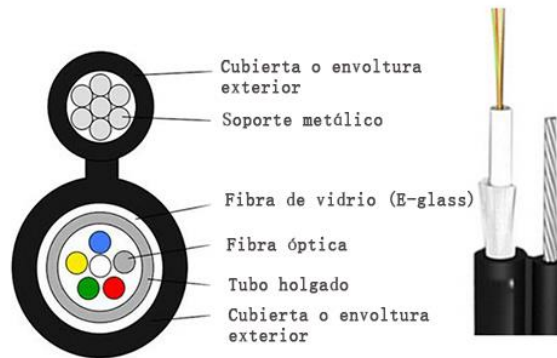


**Figura 13:***Cable blindado*

*Fuente:* (Apablaza, 2015).

#### **2.7.4 Cable Auto soportado o figura 8**

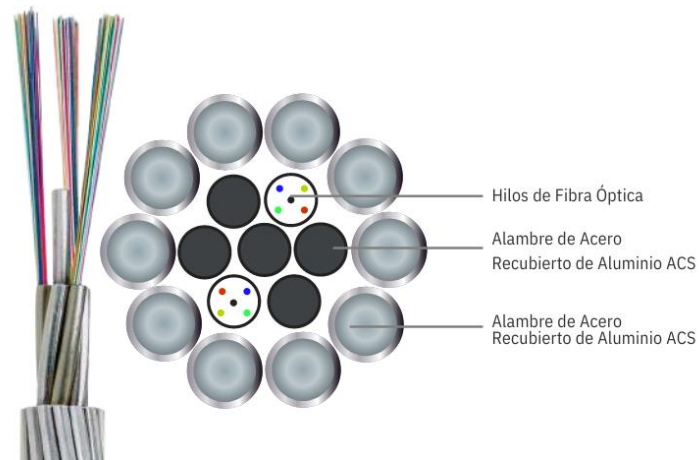
- Como su nombre indica, es un cable auto soportado de acero que tiene gran resistencia.
- Este cable se utiliza por lo general para redes de acceso a instalaciones externas, instalaciones aéreas, largas distancias y LANs (SectorElectricidad, 2021).

**Figura 14:***Cable figura 8*

Fuente: (TDii, 2021)

**2.7.5 OPGW (Optical Ground Wire)**

- Este tipo de cable es utilizado en líneas de transmisión de energía eléctrica.
- La característica principal de este Cable terrestre de fibra Óptica, es la combinación de las funciones de puesta a tierra y de telecomunicaciones (SectorElectricidad, 2021).

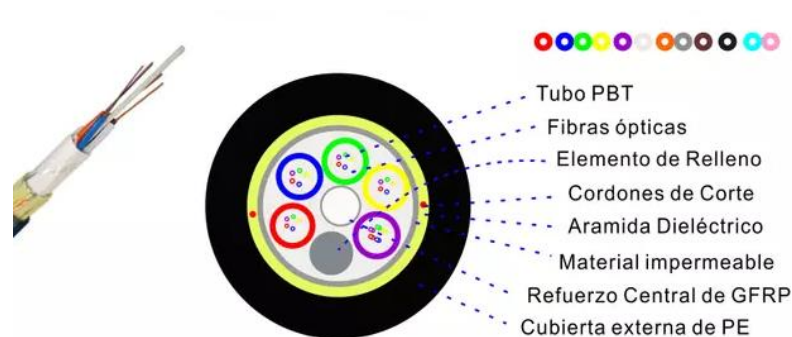
**Figura 15:***Diseño OPGW*

Fuente: (Eltecon, 2022).

**2.7.6 Cable ADSS (Aerial Dielectric Self-Supporting)**

- Es del tipo óptico íntegramente dieléctricos, pueden ser del tipo monomodo o multimodo y se encuentran recubiertos de acrilato 4.

- Es de uso común en instalaciones aéreas autoportantes para cobertura de distancias de hasta 2000 metros (CRT, 2014).

**Figura 16:***Cable ADSS*

Fuente: (TDii, 2021)

## 2.8 Tipos de Tendido de Fibra

El tendido de cable es la acción que consiste en desplegar un cable de fibra óptica entre los extremos conectados, con diferentes métodos para el tendido según la zona en la que se va a realizar el tendido de cable.

Los criterios que se ha de utilizar para la instalación dependen de la sección a considerar y del grado de ocupación de la canalización, quedando determinado el criterio de tendido en el replanteo previo a la instalación.

Básicamente se diferencian dos tipos de tendidos: los tendidos en exteriores y en interiores.

Dentro de los tendidos en exteriores, se diferencian en:

- Tendidos en canalización exterior.
- Tendidos en fachada.
- Tendidos aéreos.

Independientemente del método de tendido que se emplea se han de mantener las siguientes indicaciones generales:

- En todo momento y circunstancia se respeta el radio mínimo de curvatura del cable de fibra óptica a instalar.
- La bobina se cuelga sobre un gato o grúa, de forma que pueda girar libremente y de forma que el cable salga de la bobina por su parte superior sin problema alguno.
- La tracción del cable debe realizarse en el sentido de su generatriz. No se ha de doblar el cable para la obtención de un mejor apoyo durante su tendido.
- Todo el personal que interviene en el tendido, especialmente aquellos que están junto a la bobina, deben observar atentamente el cable según salga de ella, a fin de anunciar cualquier deterioro aparente de éste previamente. En aquel caso en el que se detecte alguno, debe ser comunicado de inmediato a su jefe superior quien tomará la decisión de si se debe continuar o no con el proceso.
- Los cables deben estar correctamente sujetos y asegurados. Para ello se utilizan sistemas de fijación adecuados, que pueden ser atornillados, atornillados o grapados, que no modifican las propiedades del hilo y deben permitir que el hilo instalado se expanda si es necesario.

### **2.8.1 *Tendido en canalización Exterior***

Estos tendidos de cable de fibra óptica se realizan desplegando el cable por alguno de los conductos o subconductos que conforman el prisma de la canalización disponible. En cualquiera de las técnicas disponibles para los tendidos en canalización se ha de cumplir que los conductos a emplear para la instalación se encuentren mandrilados. La acción de mandrilar consiste en tener

comprobada la continuidad del conducto, para lo que se pasa un hilo con una punta de una determinada longitud y diámetro para su comprobación.

Además, es necesaria la utilización del hilo guía que ha de poseer el conducto elegido para el tendido. Esto es debido a que el cable está preparado para unirse al cable guía mediante el nudo giratorio. Con esto, la punta del cable preparada para el cable de tiro se engancha a un extremo del nudo giratorio, para lo cual hay que sacar el tornillo por medio de un destornillador. Así mismo, el cable guía se ata al otro extremo del nudo giratorio, asegurándose que el nudo realizado consigo mismo no desliza. Los nudos de la cuerda se encintan con cinta aislante plástica desde el extremo del nudo giratorio hasta unos 10cm después del último nudo.

### **2.8.2 *Tendido manual***

Esta técnica se denomina manual distribuida ya que la tracción es realizada manualmente. De este modo, la tensión total del tendido es distribuida independientemente por secciones de canalización entre arquetas de registro, esto es, en cada arqueta el operario sólo tiene que vencer la tensión generada por el peso del cable y el rozamiento de éste y el subconducto correspondiente a la sección de canalización comprendida entre la arqueta anterior y la suya. Para el tendido manual, un encargado está permanentemente en el lugar donde está ubicada la bobina del cable. Su misión es la de controlar el avance y parada de la operación de tendido, según la información recibida desde todas las arquetas. Otro encargado reconoce la ruta según avanza el cable para solucionar los problemas que se pueden presentar en cada una de las arquetas. Como mínimo, el personal situado en punta y en la bobina de cable debe estar en contacto vía radio continuamente. El resto del personal que se encuentra en las arquetas intermedias se puede comunicar de viva voz consecutivamente. En general, en aquellas arquetas con cambio de dirección en el recorrido del cable, hay un operario ejerciendo el tiro en el subconducto de entrada, y otro embocando el cable

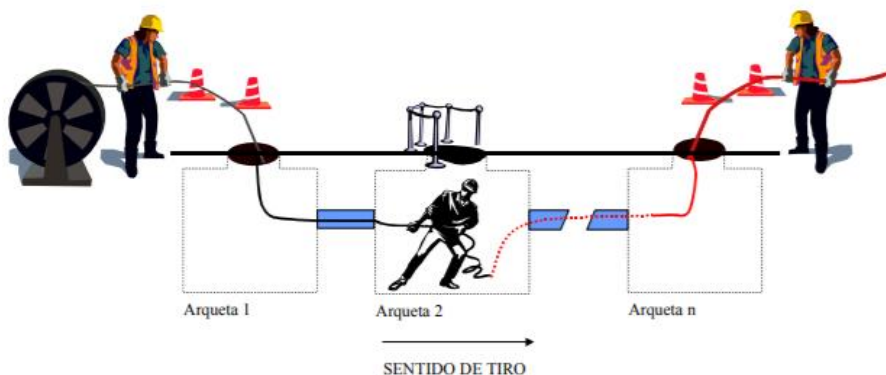
en el subconducto de salida para evitar que se produzcan cocas o cualquier deformación axial del cable. Los operarios que intervienen en la embocadura del cable en los subconductos de salida y en la operación de tiro, controlan la longitud de cable almacenado (“valona”), para disminuir, si fuese necesario, la presión de tendido en la arqueta adyacente y regular así la velocidad, de modo que se garantice que no se cierra el lazo, y que se mantiene ampliamente el radio mínimo de curvatura y la independencia de tensiones entre secciones.

El operario de la primera arqueta intermedia (arqueta 2) tira del hilo guía del subconducto de entrada del cable hasta que éste llegue, momento en que lo comunica a la arqueta donde se inició el tendido (arqueta 1) para que paren la bobina. Una vez parada la bobina, el operario desata el hilo guía utilizado en esa sección y ata el nudo giratorio al hilo guía situado en el subconducto de salida del cable hacia la arqueta 3, comprobando que la atadura sea resistente. Se comunica a la arqueta 1 que continúe el tendido. En el caso en que la arqueta corresponda a un cambio de dirección, el operario desatará el hilo guía utilizado en esa sección y creando previamente un lazo, con un radio tan amplio como le permita el lugar donde esté ubicada la arqueta, atará igualmente al nudo giratorio el hilo guía situado en el subconducto de salida del cable hacia la arqueta 3, tal y como se ha explicado anteriormente. Reanudado el trabajo, el operario de la siguiente arqueta (arqueta 3) realiza las mismas operaciones que realizaba el operario de la arqueta anterior (arqueta 2). Mientras, éste tira del cable paralelamente al eje del mismo, sin retorcerlo, y dejando suficiente longitud de formación de plazo para que la operación se realice como se ha indicado. El ritmo de tendido lo establece el operario que tira del hilo guía, es decir el más alejado de la bobina. Si un operario intermedio no pudiera mantener el ritmo establecido, el cable irá perdiendo la “valona” almacenada o, en el caso de una arqueta de cambio de dirección, ira reduciéndose el radio de

curvatura del lazo. Antes de que esto ocurra, se debe dar la orden de parada del proceso en la arqueta siguiente hasta que el operario recupere el suficiente cable para proseguir normalmente.

**Figura 17:**

*Sistema de tendido manual*



Fuente: (Meave, 2009).

Terminado el tendido se procede a instalar el cable en su recorrido por las arquetas. Debido a que en el proceso anterior es probable que no haya quedado justamente el cable que se necesita para su instalación definitiva, no se procede a realizar ésta simultáneamente en todas ellas, sino que se comienza por la penúltima, de forma que si falta o sobra cable, éste debe ser cogido o recogido de la arqueta anterior. De esta forma se va instalando el cable en las arquetas, empezando por la penúltima y terminando en la segunda. Este proceso debe realizarse con especial cuidado, puesto que se debe colocar el sobrante de cable dentro de la arqueta, manteniéndose siempre por encima del radio mínimo de curvatura establecido. Finalmente se corta la bobina dejando almacenada y debidamente “peinada” en la estructura dispuesta a tal efecto, la longitud suficiente de cable para alcanzar holgadamente la zona donde se realiza el empalme. En el caso en que el tendido, por su gran longitud u otro motivo, se realiza dividiendo el tendido en dos subtramos, es



decir que el punto de entrada es una arqueta intermedia, el tendido del primer tramo se realiza de la forma descrita anteriormente, realizándose el tendido del segundo tramo del modo expuesto a continuación:

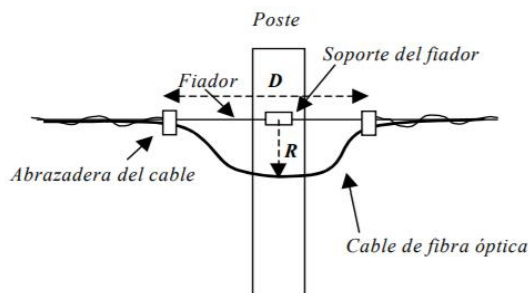
- El cable restante de la bobina se dispone, formando “ochos” sobre el suelo, y se tiende también de la forma descrita anteriormente, cuidando que el cable almacenado se recupera correctamente, sin crear deformaciones axiales, y siempre manteniendo el radio mínimo de curvatura establecido.
- Si esto no fuese así, se avisaría, de forma que se interrumpiese inmediatamente la tracción, para permitir solucionar el problema manualmente.

### **2.8.3 *Tendido aéreo***

Para realizar los tendidos de cable de fibra óptica por trazado aéreo, hay que tener en cuenta las siguientes precauciones:

- En general, la bobina se sitúa junto al poste desde el que se va a iniciar el tendido, suspendida de una grúa, sobre remolque o sobre gatos, de manera que pueda girar libremente y el cable salga siempre por la parte superior. Se procura que esté nivelada con la sección de postes donde se pretende tender el cable.
- Se realiza la instalación aérea entre postes, atando el cable de fibra óptica a un fiador existente de acero. El cable de fibra óptica se coloca junto al fiador mediante camiones y trailers de bobinas de cable. Para asegurar el cable al fiador se utiliza una guía y un fijador de cables. Mientras un camión sigue al fijador con objeto de asegurar que está actuando correctamente y que el cable se está ajustando adecuadamente a las posiciones de la línea.
- En el extremo preparado del cable se pone un nudo giratorio y se ata una cuerda de cáñamo.

- El modo de realizar la tracción sobre el cable para llevar a cabo el tendido, diferencia dos formas de tendido aéreo. Que son tendido manual o tendido mediante cabestrante.
- Finalizado el tendido, se realiza el cosido del cable al fiador. Se amarra al fiador mediante cosido con hilo de acero de 2 mm. Este cosido se realiza con la máquina ligadora que va cosiendo el cable según va avanzando a lo largo del cable de suspensión.
- En cada poste, el cable formará una vuelta de expansión para permitir la dilatación del fiador. Debido a las propiedades de la fibra óptica, el cable se dilata o contrae muy poco cuando varía la temperatura. Por tanto, para reducir la tensión de un cable de fibra óptica que se haya unido a un fiador de acero, se añadirá una pequeña vuelta de expansión.
- Debe tenerse en cuenta el radio de curvatura del cable, de modo que la longitud de la vuelta del lazo  $D$  debe ser dos veces mayor que su profundidad  $R$  y la longitud  $D$  también debe ser dos veces mayor que el radio de curvatura mínimo del cable.
- Alrededor de la vuelta de expansión del cable y con objeto de identificarla, se coloca una cubierta brillante.

**Figura 18:***Fijación de Cable*

Fuente: (Meave, 2009).

**2.8.4 Tendido con tracción manual**

Debido al poco peso de los cables de fibra óptica y cuando las condiciones del trazado de la línea lo aconsejen puede utilizarse este método que se describe a continuación:

- En el primer poste se hace pasar la cuerda de cáñamo por la polea guía y los ganchos deslizantes. Se ata el extremo libre de la cuerda que une los ganchos a la cabeza de tiro del cable, a objeto de que al ir progresando el cable los ganchos se vayan extendiendo.
- Siguiendo la línea de postes, y en el sentido de alejarse de la bobina, se hace la tracción sobre la cuerda de cáñamo por los operarios necesarios, a la velocidad normal del paso de un hombre, hasta que el cable llegue al poste siguiente donde se detiene para pasar de nuevo la cuerda por la polea y ganchos y repetir la operación anterior.

**2.8.5 Tendido con cabestrante**

En este método se utiliza un cabestrante que permite controlar la velocidad de tendido y la fuerza de tracción, con parada automática cuando se supere un valor prefijado.

Las operaciones a realizarse son las siguientes:

- Se sitúa el cabestrante en el extremo de la línea y se extiende manualmente el cable de tiro haciéndolo pasar por los ganchos deslizantes y las poleas guía de cada poste hasta llegar a la bobina.
- El cabestrante se ajusta para la tensión máxima del cable y una velocidad determinada.
- Se inicia la tracción lentamente hasta que el cable llegue a los ganchos deslizantes, donde se detiene el tiro para atar la cuerda que une los ganchos al extremo del cable.
- Se reanuda la tracción hasta alcanzar progresivamente la velocidad correspondiente y se detiene en el poste siguiente para soltar la cuerda de los ganchos, vigilar el paso del cable por la polea y atar la cuerda del siguiente grupo de ganchos.

## **2.9 Empalme y Conexión de la Fibra Óptica**

Ahora seguiremos con las diferentes técnicas que existen para unir dos fibras ópticas, de las cuales existen dos tipos para los empalmes.

### **2.9.1 Técnicas de empalme**

#### **2.9.1.1 Empalme mecánico**

Este tipo de empalme es utilizado en uniones temporales. Después de emparejar manualmente los núcleos, se fijan con adhesivo.

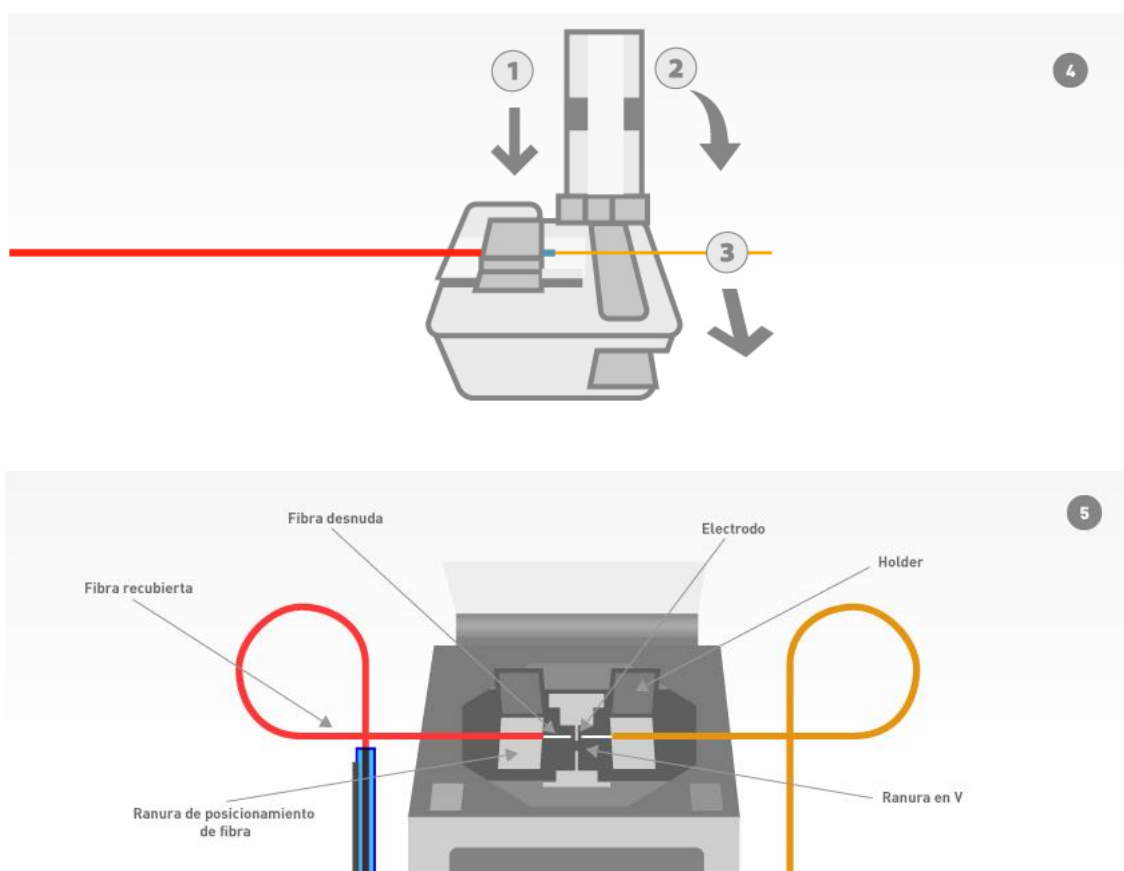
#### **2.9.1.2 Empalme por fusión**

Las pérdidas de potencia son bajas. En este proceso se funden los núcleos de ambas fibras a través de una descarga eléctrica. En este caso para tener un empalme evitando en medida de lo posible la menor pérdida de potencia, se siguen una serie de pasos, en los cuales se debe cortar la

fibra con la cortadora de precisión a una longitud de 10 mm, y luego colocando la fibra en la zona de fusión dejando la fibra sobre la ranura en V, evitando que la punta sobrepase la altura de los electrodos, y teniendo sumo cuidado en no golpear o ensuciar la fibra. Esto se pueden ver en la siguiente Figura 19:

**Figura 19:**

*Fusión de dos fibras ópticas*



Fuente: (Chávez, 2020)

## 2.10 Conectores

### 2.10.1 *Subscriber Connector (SC)*

Este es un conector de suscriptor conocido como de tipo cuadrado. A diferencia de otros, este tiene acoplamiento push-pull, es decir, “de presión” donde las pérdidas oscilan en 0,2 dB. La figura 20 nos indica como es un conector SC.

#### **Figura 20:**

*Conector SC*



Fuente: (Fibras Ópticas México, 2021)

### 2.10.2 *Lucent Connector (LC)*

Este es conocido como el conector pequeño o la mitad de un SC, se utiliza específicamente en equipos de comunicación de alta densidad de datos. Las pérdidas oscilan en los 0,1 dB. La figura 21 nos indica un conector LC.

**Figura 21:**

*Conector LC*



*Fuente: (Fibras Ópticas México, 2021)*

**2.10.3 Ferrule Connector (FC)**

Este conector de férula es del tipo metálico con adaptador de rosca. Se lo aplica para fibras monomodo y las pérdidas oscilan en los 0,20 dB. Se utiliza para equipos de medición OTDR. La figura 22 nos indica un Conector FC.

**Figura 22:**

*Conector FC*



*Fuente: (CY COM, 2021)*

#### 2.10.4 Straight Tip (ST)

Este conector, conocido como de punta recta, es uno de los más utilizados como es el caso de la fibra multimodo. Este usa una montura de bayoneta y las pérdidas oscilan en los 0,3 dB. La figura 23 nos indica un Conector ST.

#### Figura 23:

*Conector ST*



Fuente: (RS, 2021)

#### 2.11 Sistemas de Comunicación Óptica

Como en todo sistema de comunicación, la fibra óptica también consta en su estructura de varios componentes, los mismos que se detallan en la Figura 24:

#### Figura 24:

*Sistema de comunicación óptica básico*



Fuente: (Villacis, 2015)



## 2.11.1 Componentes del Sistema

### 2.11.1.1 Fuentes de luz

a) *Diodos láser*. Son de emisión coherente y estimulada, es decir, poseen mayor potencia de salida, anchos espectrales muy pequeñas y la luz emisora es en gran medida direccional. El uso principal es en largas distancias de altas velocidades (Díaz M, 2020).

b) *Emisores de luz (LED)*. Son diodos P-N los mismos que se polarizan directamente para la emisión de luz. La luminosidad que estos emiten es en proporción directa con respecto al nivel de corriente de polarización del diodo. Estos son utilizados en cortas distancias de velocidad media (Díaz M, 2020).

### 2.11.1.2 Detectores

En este bloque se utilizan foto detectores o fotodiodos que a su vez contienen uniones P-N polarizadas inversamente. Están en proporción inversa a la fuente de luz.

Para este caso los detectores deben cumplir con lo siguiente: ser altamente sensitivos, tener un tiempo de respuesta muy corto y tener un mínimo de ruido internamente. Los detectores más empleados son los PIN y los APD (Díaz M, 2020).

- *Detector PIN (P-Intrinsic-N)*: la región media o intrínseca de las capas P-N contiene un material no dopado. Al momento de aplicar una polarización inversa se crea una zona libre de portadores en la región media, donde se forma un campo eléctrico, el cual, va absorbiendo fotones de luz a su ingreso.

- *Detector APD (Avalanche Photodiode)*: el funcionamiento de este está basado en el efecto avalancha. En polarización inversa se aplica alto voltaje al diodo que a su vez genera un campo eléctrico donde los electrones van ingresando. Estos son acelerados hasta que choquen

con los átomos de la estructura con el objetivo de generar más electrones para continuar como un bucle cerrado.

### **2.11.1.3 Acopladores ópticos**

Básicamente en este bloque se distribuye la luz que viaja a través de la fibra óptica. Al dividirse la señal se divide también la potencia, por lo que es indispensable el uso de amplificadores (Díaz, 2020). Se los puede encontrar en el tipo T, estrella o TAP:

- **Acopladores tipo T:** distribuyen la señal de una fibra a dos. Las pérdidas van aumentando, dependiendo el número de acopladores.
- **Acopladores estrella:** dividen la señal de una a varias fibras. Las pérdidas van en aumento de forma logarítmica según el aumento de acopladores.
- **Acopladores TAP:** poseen uno o varios puertos de entrada y varios puertos de salida. No es equipotencial, es decir, el potencial de campo es constante (Díaz M, 2020).

### **2.11.1.4 Splitters**

Este conmutador se utiliza en implementaciones de redes ópticas pasivas (PON). Un dispositivo bidireccional con un puerto de entrada y dos o más puertos de salida, es decir, varios usuarios que comparten el mismo ancho de banda a través de un solo hilo de fibra (Díaz M, 2020).

## **2.12 Tecnologías de Acceso**

Aquí se detallará los diferentes modelos de red existentes que brindan comunicación por medio de la fibra óptica:

### 2.12.1 Modelos de una Red FTTX

a) **Passive Optical Network (PON):** es la que más se utiliza, ya que se reduce costos por utilizar solo un hilo de fibra la transmisión como la recepción. Algo a destacar de las redes FTTx es la convergencia existen en los servicios, garantizando un enorme ancho de banda.

b) **Point to Point (P2P):** la configuración Punto a Punto se utiliza poco ya que necesita dos hilos de fibra, uno para la transmisión y otro para la recepción (Villacis, 2015).

### 2.12.2 Modelos de redes FTTx

En cuanto a modelos de redes FTTx, se detallará todos ellos, empezando desde la puesta al nodo, seguido con la puesta al armario, edificio y finalizando hasta el hogar.

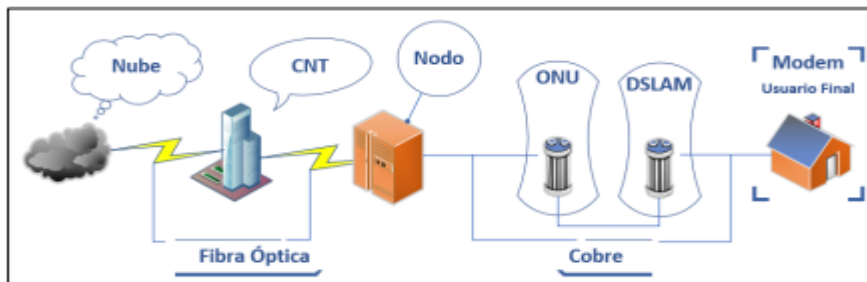
### 2.12.3 (FTTN) Fibra hasta el Nodo

El tendido de fibra óptica se desplaza de la oficina central hasta el nodo más cercano al usuario y por medio del cable de cobre, desde el nodo pasando por la ONU, DSLAM para finalizar en la conexión al Modem, que se conecta a los equipos del usuario final.

La siguiente figura 25 nos da una descripción de FTTN.

#### Figura 25:

*Descripción FTTN (Fibra hasta el Nodo)*



Fuente: (Villacis, 2015)

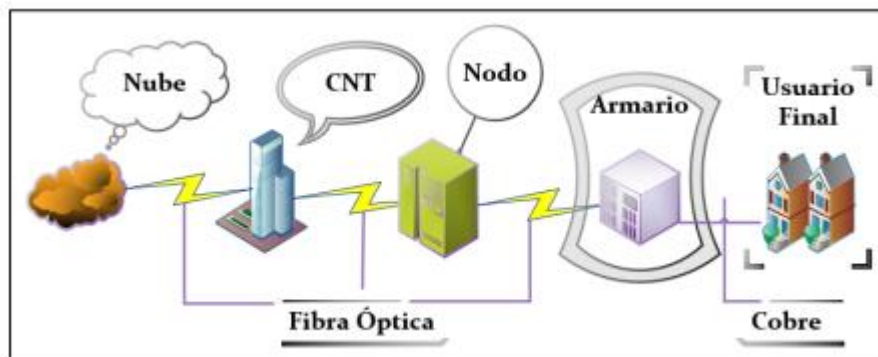
#### 2.12.4 (FTTC) Fibra hasta el Armario

Generalmente esta clase de fibra sirve para interconectar edificios, donde se usa un solo armario de distribución para diferentes usuarios. La fibra llega hasta el armario y desde este, se utiliza cable de cobre.

La figura 26 nos da una descripción de FTTC.

#### Figura 26:

*Descripción de FTTC (Fibra hasta el Armario)*



Fuente: (Villacis, 2015)

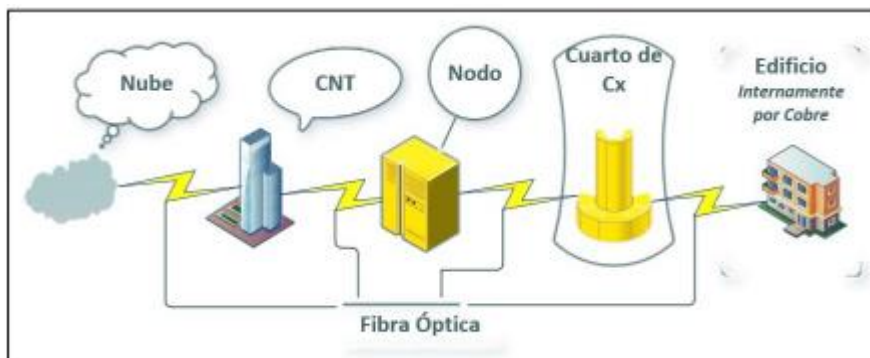
#### 2.12.5 (FTTB) Fibra hasta el Edificio

Para este caso la red de fibra óptica llega hasta la entrada del cuarto de comunicaciones del edificio, ya sea este comercial o de tipo residencial. Internamente las conexiones al usuario se realizan por cobre.

La siguiente figura 27 nos da una descripción de FTTB.

**Figura 27:**

*Descripción de una FTTB (Fibra hasta el Edificio)*



Fuente: (Villacis, 2015)

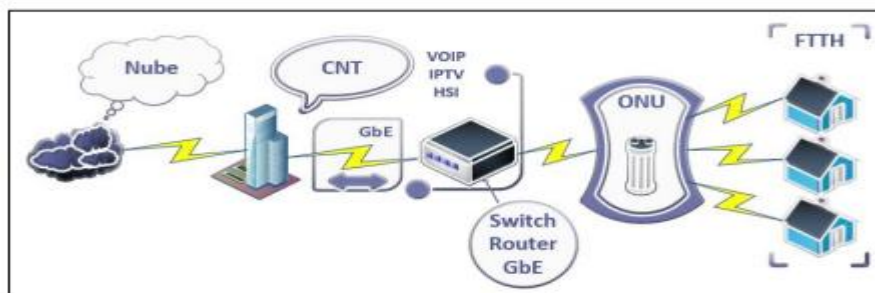
### 2.12.6 (FTTH) Fibra hasta el Hogar

Con el uso de la configuración en estrella, WDM 11 y el tendido de fibra hasta el usuario el abonado recibe aproximadamente el 100% de ancho de banda con altas capacidades en su transmisión.

La siguiente Figura 28 nos da una descripción de FTTH.

**Figura 28:**

*Descripción de FTTH (Fibra hasta el Hogar)*

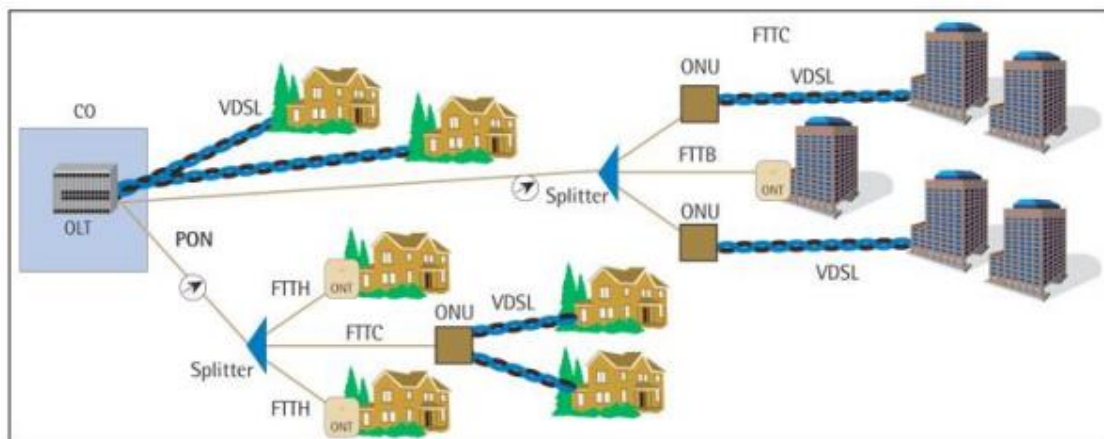


Fuente: (Villacis, 2015)

La Figura 29 nos muestra cómo es que interactúan los modelos diferentes de FTTx.

**Figura 29:**

*Interacción entre FTTH, FTTB, FTTC*



Fuente: (Villacis, 2015)

### 2.13 Redes PON

Las Redes de Fibra Óptica que contienen elementos activos en ellas (fuera de la central), se denominan red activa, en la cual se utilizan este tipo de elementos que requieren energía para su alimentación y permiten tener largas distancias entre la sala de equipos y los abonados, como en el caso de SDH (Synchronous Digital Hierarchy o redes de jerarquía digital síncrona).

Estas redes se basan principalmente en el estándar IEEE.802.ah y se caracterizan por proveer ancho de banda simétrico con velocidades superiores a 1Gbps por cada puerto sobre una única fibra, utilizando dos longitudes de onda multiplexadas y diferenciadas sobre cada fibra óptica, con base en esto, con cada longitud de onda se tienen dos slot para el intercambio de información, uno como canal de transmisión y otro para el canal de recepción, lo que permite una

transmisión de datos full dúplex mediante una conexión punto a punto que tiene un ancho de banda dedicado al usuario.

La Fibra Óptica es el único medio de transmisión que tiene la capacidad de soportar altas velocidades de transmisión en extensas distancias con calidad de servicio, llegando de esta manera a lograr tener un papel esencial y convirtiéndose en la solución tecnológica más adecuada en vista de llegar a un futuro próximo referente a las telecomunicaciones. Las redes ópticas pasivas PON (Passive Optical Networks) son redes ópticas punto-multipunto en la que no existen elementos activos entre las instalaciones del operador (Optical Line Terminal - Unidad Óptica Terminal de Línea) también denominado OLT y el equipo terminal de usuario (Optical Network Unit – Unidad de Red Óptica) también denominada ONU

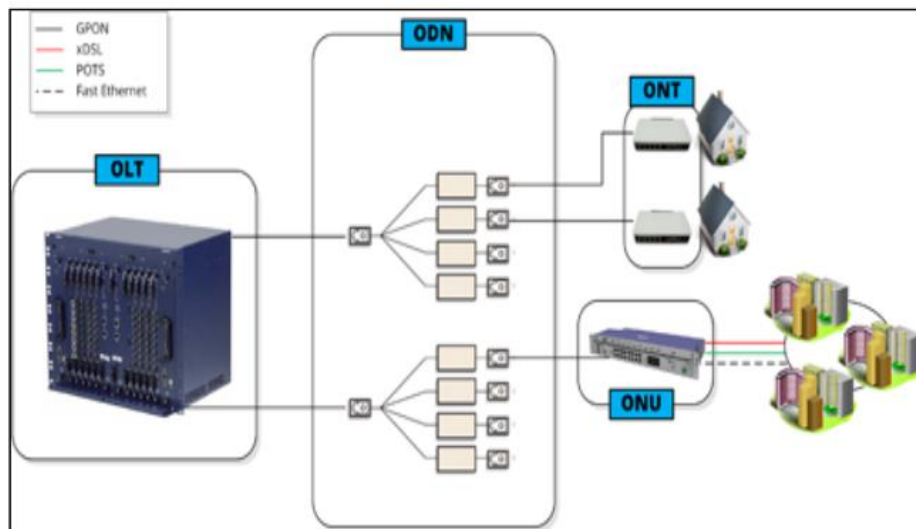
Este tipo de redes PON típicas se conforman por:

- Un Terminal de Línea Óptico (Optical Line Terminal) OLT que se ubica en la central, y constituye la parte principal de una red Óptica.
- Contiene elementos pasivos de ramificación óptica, denominados Splitter o ODN (Optical Distribution Network)
- Terminales de Red Ópticos (Optical Network Terminals) ONTs, los cuales se encuentran al extremo de la red para cada uno de los usuarios finales en la red y presentan las interfaces para la conexión de varios servicios como para este caso, sería de Internet.

En la Figura 30 se esquematiza una posible arquitectura de una red PON genérica.

**Figura 30:**

*Diagrama de una Arquitectura de una red PON genérica*



Fuente: (Globenet Internacional, 2016)

En canal descendente una PON es una red punto multipunto. El equipo OLT (Optical Line Terminal) maneja la totalidad del ancho de banda que se reparte a los usuarios en intervalos temporales. Por otra parte, el canal ascendente la PON es una red punto a punto donde múltiples ONUs (Optical Network Unit) transmiten hacia un único OLT. Todo esto trabajando sobre una sola fibra, la manera de optimizar las transmisiones de los sentidos descendente y ascendente sin que exista una mezcla consiste en trabajar sobre diferentes longitudes de las ondas. (Acosta C, 2012).

Este tipo de Arquitectura PON realiza el procedimiento de la multiplexación en un tiempo denominado (TDM), que consiste en enviar la información en diferentes slots de tiempo, el encargado de realizar esta función es la OLT, para que de esta manera los equipos terminales ONTs que se encuentran en el extremo de los usuarios puedan enviar su información a través de canal

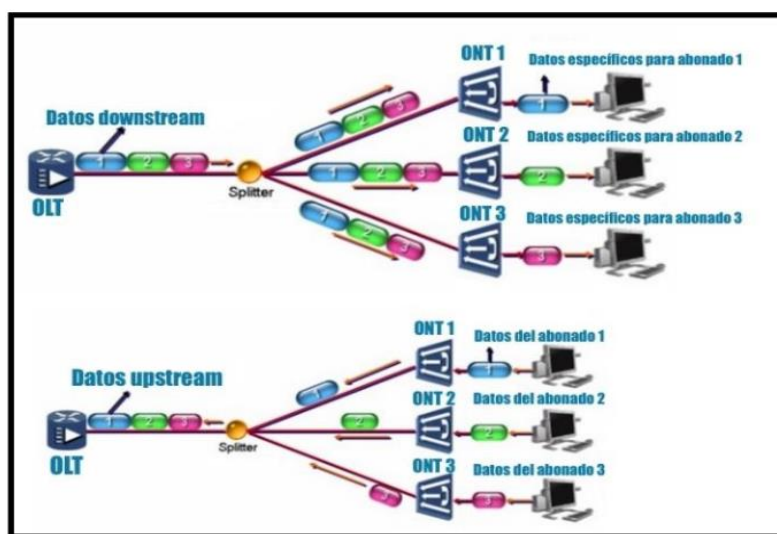


descendente. Así mismo, este proceso utiliza TDMA para que cada una de las ONTs sincronizada pueda transmitir paquetes o información a diferentes tiempos, los cuales se encuentran controlados por la OLT.

En la Figura 31 se aprecia el tráfico descendente y ascendente que realiza la OLT y las ONTs en la transmisión de información.

**Figura 31:**

*Tráfico de Canales Descendente y Ascendente*



Fuente: (Josán, 2017).

Las redes PON, se han ido introduciendo en el mercado de las telecomunicaciones tomando un gran puesto debido a que las tecnologías usadas actualmente como son xDSL, que consiste en la distribución física en su totalidad de cobre, Híbrido de Fibra Coaxial o HFC, entre otras, no soportan nuevos requerimientos y servicios en las redes de convergencia para los usuarios.

Es por eso que, para poder satisfacer todos los requerimientos de los usuarios conviene la utilización de las redes PON, ya que ofrecen un gran ancho de banda en la transmisión de la

información, convirtiéndose entonces en la actualidad en el medio óptimo para futuras prestaciones de servicios.

Las redes ópticas pasivas es la tecnología que se encuentra en el extremo del usuario y la oficina central. Estas se diferencian en las capacidades y el tipo de aplicación que se utiliza, según las recomendaciones de la UIT y las normas de la IEEE, se tienen:

### **2.13.1 APON o ATM-PON (*Redes Ópticas Pasivas ATM*)**

Esta fue la primera red que definió la FSAN (Full Service Access Network), grupo que estaba formado por 7 operadores de telecomunicaciones con el objetivo de unificar las especificaciones para el acceso de banda ancha a las viviendas. Su transmisión en el canal descendente está compuesta por ráfagas de celdas ATM (Modo de transferencia asíncrono), la desventaja que presenta este estándar definido en la UIT-T G.983 es que carecía de soporte a servicios de video, partiendo de velocidades máximas de 155 Mbps, repartidas entre todas las unidades de redes ópticas (ONUs) hasta que logró alcanzar velocidades de hasta 622 Mbps.

### **2.13.2 BPON (*Red Óptica Pasiva de Banda ancha*)**

Estas se basan en las redes APON, con la diferencia que pueden dar soporte a otros estándares de banda ancha. Inicialmente estaba definida con una tasa de 155 Mbps fijos tanto en canal ascendente como descendente; pero, más adelante, fue modificada para obtener velocidades de línea nominales (hacia el destino/hacia el origen). De acuerdo a la Recomendación UIT-T G.983.1-200501, se tienen:

- 155,52Mbps / 155,52Mbps
- 622,08Mbps / 155,52Mbps
- 622,08Mbps / 622,08Mbps

- 1244,16Mbps / 155,52Mbps
- 1244,16Mbps / 622,08Mbps

Para la transmisión bidireccional se utiliza la técnica de multiplexación por división en longitud de onda (WDM, wavelength division multiplexing) con longitudes de onda en la región de 1310nm y en la región de 1550nm, en una sola fibra, o en dos fibras unidireccionales con longitudes de onda en la región de 1310nm. La transmisión hacia el destino en sistemas de una sola fibra será 1480-1580nm, y para dos fibras hacia el destino será 1260-1360nm. En relación a la transmisión hacia el origen será 1260-1360nm.

### **2.13.3 EPON (*Red Óptica Pasiva Ethernet*)**

Esta especificación fue realizada por el grupo de trabajo EFM (Ethernet in the First Mile Ethernet en la Primera milla) constituido por IEEE y descrito en la norma IEEE 802.3. ah, para aprovechar las características que tiene la tecnología de fibra óptica y las redes pasivas y aplicarlas a Ethernet, la arquitectura de una red EPON está basada en el transporte de tráfico Ethernet manteniendo las características de la especificación 802.3. Las ventajas que presenta son:

- Trabaja directamente a velocidades de gigabit (que se tiene que dividir entre el número de usuarios).
- La interconexión de islas EPON es más simple.
- La reducción de los costos debido a que no utilizan elementos ATM y SDH (Synchronous Digital Hierarchy), sino que se transmiten tramas Ethernet puras.

#### **2.13.4 GEPON (*Red Óptica Pasiva Ethernet con capacidad de Gigabit*)**

Esta está definida por la IEEE 802.3.av. Posee las mismas características que la EPON, con la diferencia que Simétricamente el ancho de banda opera a 10 Gbps o Asimétricamente en el canal ascendente a 1,25 Gbps y en el canal descendente a 10 Gbps (Palacios, 2020).

#### **2.13.5 GPON (*Red Óptica Pasiva con capacidad de Gigabit*)**

Está basada en BPON en cuanto a la arquitectura, sus características están referenciadas en la UIT-T G.984.1, entre las cuales se aprecian:

- Soporte global multiservicio: voz, Ethernet 10/100, ATM.
- Cobertura hasta 20 km.
- Seguridad a nivel de protocolo.
- Soporte de tasas de transferencia:
- Simétrico: 622 Mbps y 1.25 Gbps.
- Asimétrico: descendente de 2.5 Gbps y ascendente de 1.25 Gbps

#### **2.13.6 XGPON**

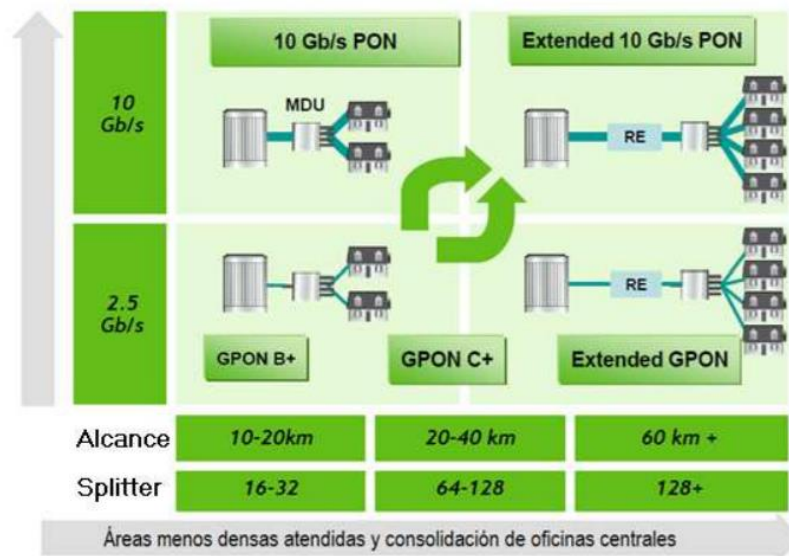
El siguiente objetivo de los grupos que estudian las tecnologías en las redes de acceso es aumentar la velocidad de transmisión, siendo este el siguiente paso en la evolución de las PONs. Sinergias de los grupos FSAN e ITU-T resultan en la especificación de una nueva tecnología NG-PON1, que pretende proteger las inversiones de los operadores en la tecnología GPON. Este nuevo sistema se implementa en dos fases, permitiendo una migración de la tecnología actual a XGPON1 y luego a XGPON2.

La XG-PON1, más conocida como 10GPON, es una tecnología definida por la norma ITU-T G.987. Ofrece nuevos servicios y se basa en la tecnología GPON ya desarrollada e implementada. Con el fin de facilitar su aplicación, evitando costos muy elevados, se pretende reutilizar estructuras y dispositivos. Se plantea la necesidad de aumentar la capacidad, alcance y relación de división existente, así como la corrección a la solución de problemas ópticos.

En 10G-PON, la tasa de flujo descendente en fibra es de 10 Gbps. El flujo ascendente puede ser de 1.25, 2.5 o 10 Gbps, y cuanto mayor sea la tasa ascendente, mayor será el costo de la óptica en los terminales de red óptica (Huawei, 2016).

Las tasas de transmisión de 10 Gbps implican varios desafíos técnicos como el control de la dispersión, la sensibilidad de los receptores y las cuestiones relacionadas con la potencia necesaria para tasas (velocidades) tan elevadas.

En la Figura 32 podemos observar la evolución GPON con respecto a la velocidad comparable al alcance y splitteo realizado en la red:

**Figura 32:***Evolución GPON*

Fuente: (J. Sánchez, 2018)

En este escenario de evolución se ofrece, a largas distancias, un mayor ancho de banda y simetría por usuario, aumentando también la relación del divisor óptico. Hay dos escenarios de migración posibles, o evolucionar primero la capacidad de la red, manteniendo la relación del divisor y el alcance, y sólo después evolucionar hacia una arquitectura de larga distancia y de relación de divisor superior; o evolucionar hacia una arquitectura de largo alcance y de relación de divisor elevada y sólo después aumentar la capacidad de la red.

#### 2.14 Cuadro Comparativo de las Redes PON

En la siguiente Tabla 2, podemos observar algunas comparaciones se XGPON con respecto a otras PON revisadas anteriormente tomando en cuenta algunos factores de estos:

**Tabla 2***Comparación de redes PON*

<b>Tecnología</b>	<b>Estándares</b>	<b>Tipo de Trama</b>	<b>Divisiones por fibra</b>	<b>Velocidad de Subida</b>	<b>Velocidad de Bajada</b>	<b>Alcance</b>
<b>APON</b>	ITU-T G.983.1	ATM	32	155 Mbps	622 Mbps	20 km
<b>BPON</b>	ITU-T G.983.x	ATM	32	155 Mbps	622 Mbps	20 km
<b>EPON</b>	IEEE 802.3ah	Ethernet	32	1.25 Gbps	1.25 Gbps	20 km
<b>GEPON</b>	IEEE 802.3av	Ethernet	32	1.25 Gbps	10 Gbps	20 km
<b>GPON</b>	ITU-T G.984.x	ATM GFP	64	1.25 Gbps	2.5 Gbps	20 km
<b>XGPON</b>	ITU-T G.987		64	2.5 Gbps	10 Gbps	20 km

Fuente: Autor

**2.15 Redes XG-PON**

Son parte de las redes PON, pero en este caso vamos a estudiarlo a detalle sus aspectos de más relevancia de su tecnología, como una red pasiva nos permitirá tener un conocimiento más claro sobre los beneficios que brinda esta tecnología en las redes FTTH.

### **2.15.1 XG-PON, definición de estas redes**

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 capa física y la capa de convergencia de transmisión. Asimismo, 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 en el cual, utilizando la multiplexación por división de longitud de onda (WDM) que está definida en UIT-T G.984 Serie .x de recomendaciones, todo esto basándose según la recomendación UIT-T G.987.1. (ITU-T, 2020).

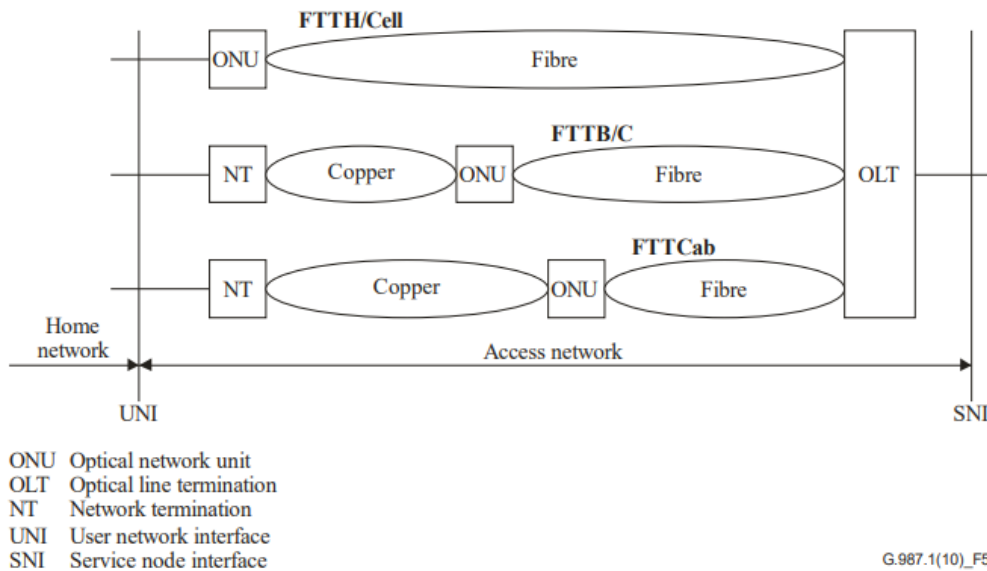
### **2.15.2 La arquitectura de las redes ópticas XG-PON**

En XG-PON existen varios tipos de arquitecturas, que se lo explicará detalladamente de estas topologías para el entendimiento de la relación que existe entre FTTH y XG-PON.

### **2.15.3 La Arquitectura XG-PON.**

La parte 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. La Figura 33 muestra estas arquitecturas que son las más comunes de sistemas ópticos como FTTH, FTTCcell, FTTB/C, FTTCab, entre otros, y cuya red de distribución óptica es la más común para todas las arquitecturas. (ITU-T, 2020).



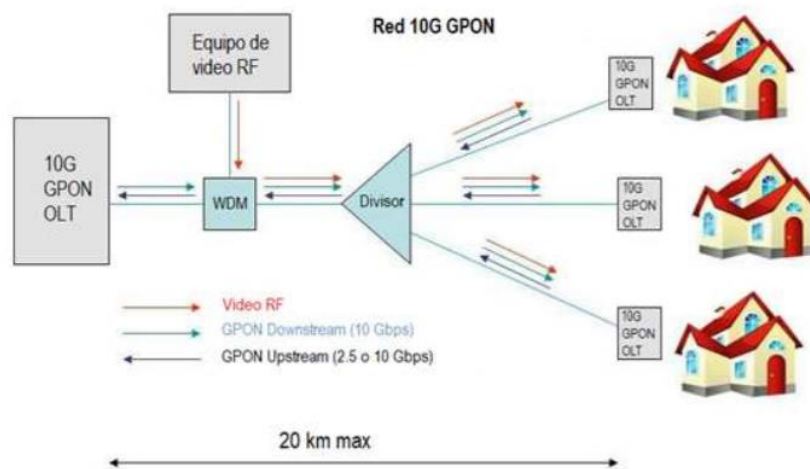
**Figura 33:***Arquitectura de redes ópticas XG-PON*

Fuente: (ITU-T, 2020)

En la Figura 34 podemos ver la arquitectura de redes XG-PON, pero esta vez en un entorno más general como se podría ver en FTTH:

**Figura 34:**

*Arquitectura de redes ópticas XG-PON para FTTH general*



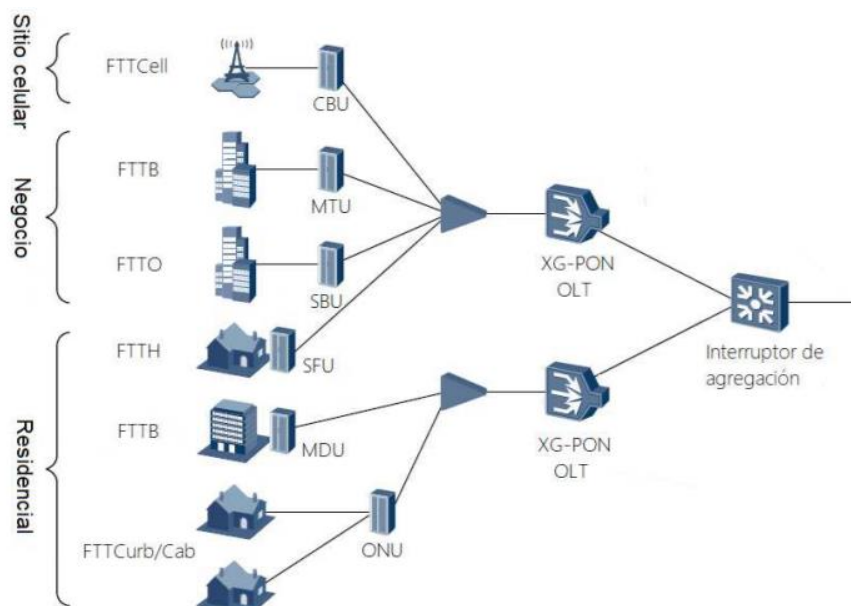
Fuente: (J. Sánchez, 2018)

#### 2.15.4 Escenario entre FTTH y XG-PON.

Para este tipo de arquitectura, se tienen los enfoques descritos a continuación:

- Banda ancha asimétrica (servicios de transmisión de audio y video, descargas, etc)
- Banda ancha simétricos (correos electrónicos, video conferencias, juegos en línea, telemedicina, etc.)
- POTS: La red de acceso debe ser capaz de proporcionar servicios de telefonía de banda estrecha flexibles mediante emulación o simulación.

La Figura 35 representa escenarios ejemplares de aplicaciones XG-PON

**Figura 35:***Escenarios para FTTH y XG-PON*

Fuente: (J. Sánchez, 2018)

### 2.15.5 Escenarios para la Migración

Estos escenarios de migración explican la relación que existe entre tecnología XG-PON y G-PON, mediante varias formas de coexistencia entre ambas tecnologías, es así que donde se describen estos escenarios más comunes de migración de tecnología G-PON a XG-PON.

### 2.15.6 La migración de PON heredado hacia XG-PON.

Gigabit PON como 1G-EPON ([b-IEEE 802.3]) se han ido estandarizando y ahora se están utilizando en todas partes del mundo. Para nuestra actualidad con la necesidad que se presentan de un ancho de banda mayor, todo esto debido a aplicaciones comerciales y de consumo de usuarios y masivo, utilizar una red de tipo PON de siguiente generación, la cual debe brindar un ancho de banda de mucho más tamaño. Además, considerando todos los recursos que se han invertido en la implementación de este tipo de tecnologías G-PON, las nuevas tecnologías PON

deberán aprovechar estas implementaciones en la infraestructura, pero garantizando la migración que tiene de una tecnología a otra de una forma muy eficaz. Es por ello que, existe una coexistencia entre G-PON y XG-PON que se da en la especificación [UIT-T G.984.5 Amd.1], en las 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 (ITU-T, 2020).

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

#### ***2.15.7 El escenario de migración de PON referente al campo marrón.***

Este escenario define la implementación en el que ya se ha establecido un tipo de sistema de red PON, ya adelantadamente y los operadores de red hacen el uso de esta infraestructura establecida, para brindar nuevos anchos de banda, todo esto utilizando la tecnología XG-PON. Para este escenario los requisitos generales son los siguientes:

- Que exista una coexistencia entre las tecnologías Gigabit PON y XG-PON, dentro de la misma fibra, y debe ser compatible en el caso de que el recurso de fibra no sea necesariamente abundante.

- Debe minimizarse la interrupción del servicio para los suscriptores que no mejoran.

- XG-PON debe admitir/emular todos los servicios heredados desde G-PON en caso de una migración de tipo completa.

#### ***2.15.8 El caso de escenario de migración del campo verde de PON.***

Con diferencia al anterior escenario de migración, lo que hace este caso es implementar la red de acceso nueva, esto conlleva a una inversión de mucho tiempo. Sin embargo, cuando la

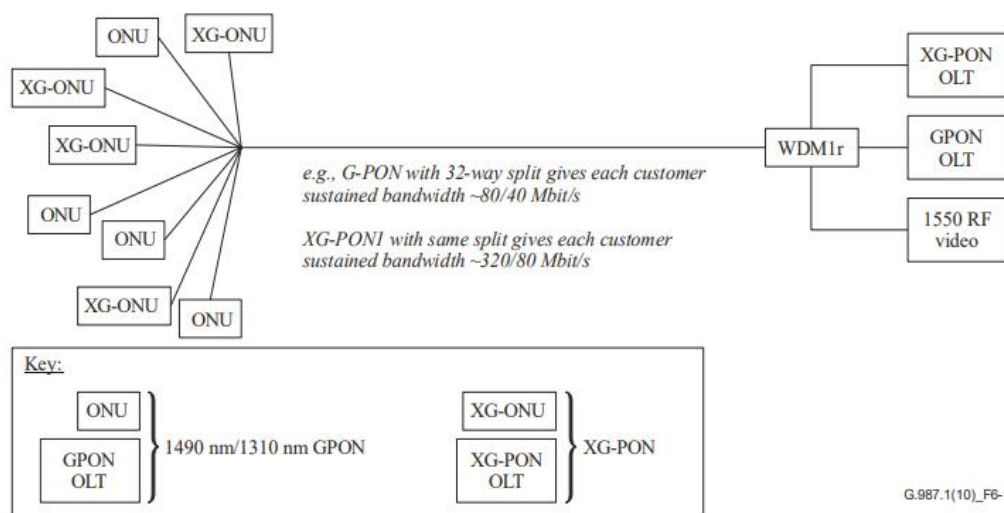
red XG-PON está establecida, fácilmente puede reemplazar a otras tecnologías como lo es el cobre.

### 2.15.9 La Migración de PON heredado hacia XG-PON.

Este tipo de migración debe ser sin problemas y lo más transitorio que sea posible usando la ya conocida tecnología WDM que está definida según [UIT-T G.984.5 Amd.1] al que se debe de aplicar en todas las ONU. Del resto ya serán criterios del operador a cargo, que debe analizar si desea seguir usando los mismos dispositivos de PON anteriores o realizar un tipo de reemplazo total desde el primer día del periodo de esta actualización. Para que G-PON y XG-PON funcionen simultáneamente, en el período de transición se instala un tipo de combinador/divisor WDM1r en la red, como se lo puede observar en la Figura 36.

**Figura 36:**

*Tipo de Migración de PON heredado a XG-PON*



Fuente: (ITU-T, 2020)

### **2.15.10** *Requerimientos de la Capa Física*

Todos los requisitos de la capa física que se detallarán a continuación, según se indica en la ITU (2016), son los aspectos básicos para definir los requerimientos físicos de esta tecnología XG-PON.

### **2.15.11** *Características que debe tener la fibra.*

En este tipo de tecnología XG-PON el uso del tipo de fibra óptica a usar está basado en [UIT-T G.652], que se utiliza ampliamente para G-PON. Hoy en día los distintos tipos de fibras más nuevos son más factibles en la implementación ya que estas presentan especificaciones de radio de curvatura más bajos según [UIT-T G.657]

### **2.15.12** *Las longitudes de onda para XG-PON.*

Estas longitudes de onda y tasa de bits usadas para esta tecnología XG-PON son las siguientes:

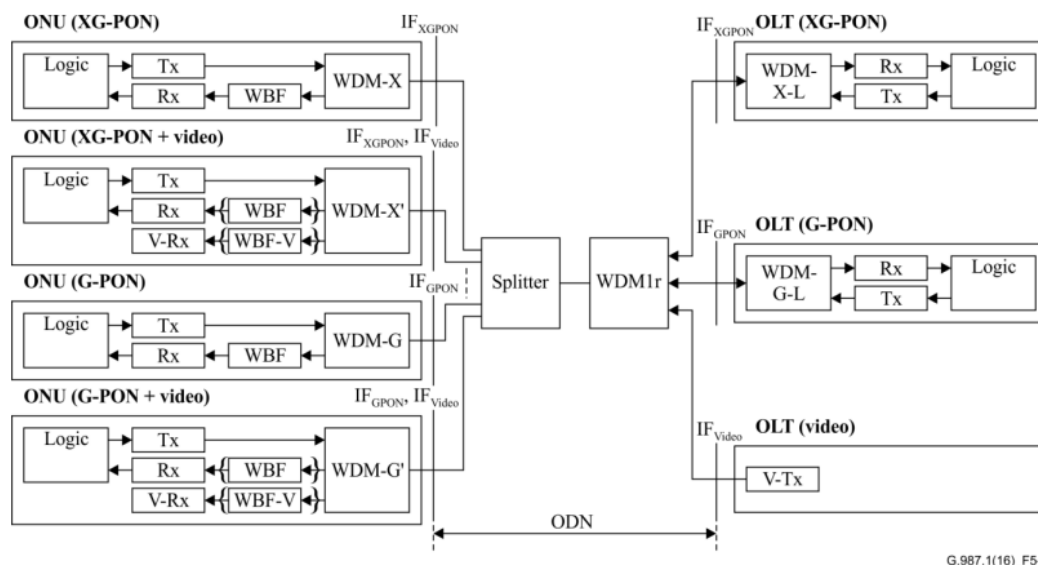
- En el caso de upstream, la "O-Band", que va desde los 1260 a 1280nm.
- En el caso de downstream, "1577nm", que va desde los 1575 a 1580nm.
- XG-PON1: va nominalmente 10 Gbit/s downstream, 2,5 Gbit/s upstream.
- XG-PON2: va nominalmente 10Gbit/s downstream 10 Gbit/s upstream.

### **2.15.13** *El presupuesto de Potencia Óptica.*

La coexistencia que existe de Gigabit PON y XG-PON en un ODN con un presupuesto óptico de clase B + es el requisito nominal. Con la pérdida adicional que es introducida por el dispositivo WDM1r, habrá dos clases de presupuesto de potencia "Nominal" entre las dos IFXG-PON. Se han seleccionado los puntos de referencia como se podrá observar en la Figura 37, es decir, Nominal1 (29 dB) y el Nominal2 (31 dB) con una BER de 1E-12. Las especificaciones detalladas para las clases nominales y la clase ampliada están abordadas en [UIT-T G.987.2].

**Figura 37:**

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



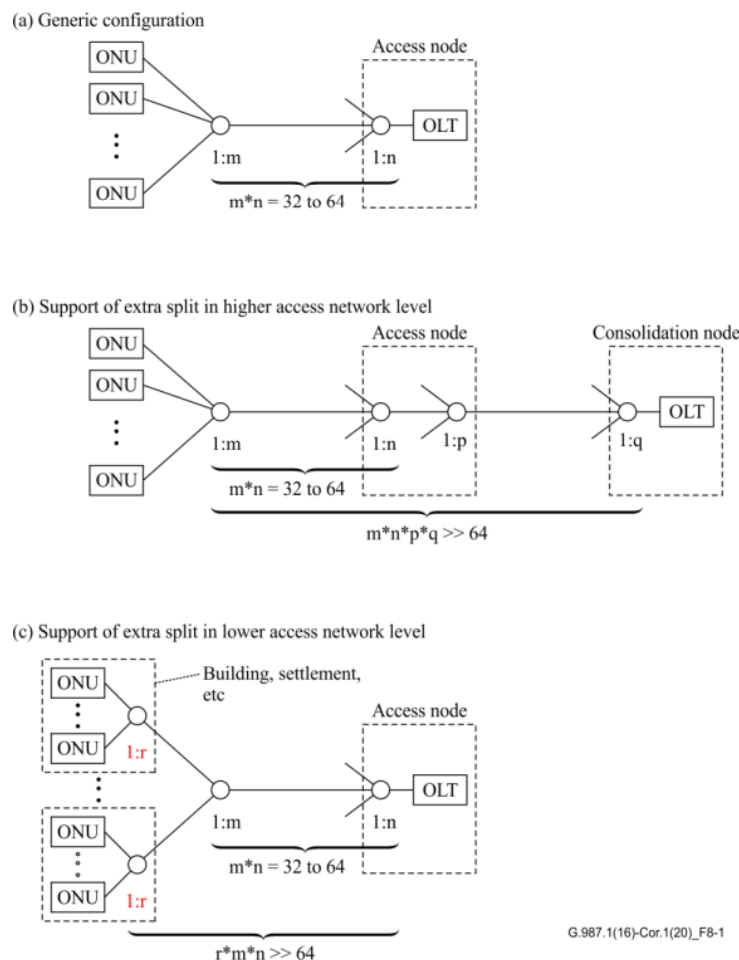
Fuente: (ITU-T G.987.1, 2020)

#### 2.15.14 *La relación de división.*

En la Figura 38 (a) se puede ver una implementación de divisor genérico de Gigabit PON. Para este modelo, una arquitectura de división única es de tipo caso especial, donde  $m=64$  y  $n=1$  y no se necesita un divisor en el nodo de acceso. Esta alta relación de división es muy atractiva, especialmente en el caso de "escenario de introducción independiente del servicio". La relación de divisor más alta permite extender PON en la sección de backhaul como se lo puede observar en la siguiente Figura 37(b) y/o extender PON hacia los usuarios finales como se lo muestra en la parte de la Figura 37(c) para proporcionar configuraciones de divisor flexibles y soporte eficiente para varios escenarios de implementación.

**Figura 38:**

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



Fuente: (ITU-T G.987.1, 2020)

### 2.15.15 *La distancia de fibra óptica.*

La [UIT-T G.987] presenta el concepto de la distancia de fibra y la 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 deberá soportar una 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 una distancia de fibra diferencial máxima con un paso de unos 20 km.

#### **2.15.16**      *Requerimientos de Nivel del Sistema*

Existen varios requisitos a nivel del sistema XG-PON, para lo cual se detallan los más comunes y relevantes en tanto a la tecnología XG-PON.2.3.5.1.

#### **2.15.17**      *Eficiencia energética y ahorro de energía.*

El ahorro de energía dentro de los sistemas de redes de telecomunicaciones ha llegado a convertirse en una de las preocupaciones cada vez más importante en tanto a la reducción del OPEX de los operadores y mermar la contribución que existe de la red a las emisiones de gases de efecto invernadero. Es por ello que existen dos objetivos muy importantes para el ahorro de energía y mejorar la eficiencia energética; El primero, es seguir brindando los servicios vitales como es el servicio de voz, o también un tipo de batería cuando se corte el consumo de electricidad; El segundo se refiere a la eficiencia energética, es decir, reducir el consumo energético para la mayor parte del tiempo, simultáneamente usando los modos de servicio completo, servicio de descanso y el servicio de suspensión, que optimizan el consumo energético (ITU-T G.987.1, 2020).

#### **2.15.18**      *La autenticación, identificación y el cifrado.*

Tanto XG-PON como G-PON son unas tecnologías que se basan en medios compartidos, donde las ONU de la red reciben todos los datos. Es por eso que se necesita usar algún tipo de contramedida que evite la suplantación de identidad, siendo estas contramedidas:(G.987.1 SERIES G: TRANSMISSION SYSTEMS AND MEDIA, DIGITAL SYSTEMS AND NETWORKS, 2020).

- La identificación del número de serie de la ONU y/o un ID de registro utilizado para el proceso que se registra la ONU.

- La autenticación de CPE, basada en [b-IEEE 802.1X]

- Es requerido un fuerte mecanismo de autenticación.

En la búsqueda de mejorar la protección en contra de las vulnerabilidades cada ONU cuando recibe datos desde arriba usa un tipo de mecanismo de cifrado como lo es de cifrar con algún tipo de algoritmo que sea robusto. Entonces, XG-PON también proporcionará un mecanismo para el intercambio de claves que sea confiable, lo que es necesario para iniciar una comunicación encriptada. En el sentido ascendente, la función de acuerdo al cifrado podrá ser opcional y se implementará según los requisitos para cada operador.

### **2.15.19      *El Ancho de banda dinámico asignado.***

Denominado en inglés por sus siglas como DBA, puede compartir de manera eficaz el Ancho de Banda entre cada ONU interconectada a la red y a una entidad portadora del tráfico en cada una de las ONU basándose a una indicación de la actividad. Esta indicación de actividad dinámica puede basarse para los dos métodos a continuación:(G.987.1 SERIES G: TRANSMISSION SYSTEMS AND MEDIA, DIGITAL SYSTEMS AND NETWORKS, 2020)

- Status Reporting (SR) o Informe de estado, que emplea un tipo de informes detallados del llenado de la memoria del buffer que solicita la OLT y son emitidos por las ONU.

- Traffic Monitoring (TM) o Supervisión del tráfico, están basadas en monitoreo de OLT de la cantidad de tráfico en comparación con las oportunidades de transmisión que se asigna en el sentido ascendente.

### **2.15.20**      *La Seguridad ocular.*

Esencialmente como la tecnología XG-PON utiliza potencias ópticas más altas, existen este tipo de riesgos oculares que pueden afectar la salud para los usuarios finales, esto especialmente a aquellos que no tienen el conocimiento respecto a estos tipos de daños oculares y sobre todo cuando la fibra óptica termina en el hogar. Los elementos de la tecnología XG-PON deberán cumplir con las siguientes clases especificadas 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

### **2.15.21**      *Requerimientos Operacionales*

Referente a los aspectos de los requerimientos de operación, la diferencia con los físicos del medio de transmisión de la tecnología XG-PON, son como se indica en la International Telecommunication Union -ITU (2020), y son los que tenemos a continuación.

#### **2.15.21.1**      **Gestión de ONU por OMCI.**

Refiriéndose con respecto al funcionamiento de la red, al gestionar un sistema de XG-PON lo que mejor se espera es que, una OLT junto con sus ONU se pueda usar, como una sola entidad, gestionando las ONU a través de OLT, siempre que sea posible. Es por eso que, XG-PON admitirá la gestión completa de PON en tiempo real, todo esto a través de las funciones del control y la gestión de ONU, donde los conceptos y enfoques que se implementarán para G-PON (por ejemplo, OMCI) deben reutilizarse tanto en como sea las posibilidades.

### **2.15.21.2 ONU de doble gestión.**

XG-PON admitirá opcionalmente la partición de gestión colaborativa de ONU entre XG-PON OMCI y los mecanismos de configuración remota según (Unión Internacional de Telecomunicaciones -Recomendación UIT-T G.987.1, 2020)

### **2.15.21.3 Supervisión de la red PON.**

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

La capacidad que llevará a diferenciar de una manera confiable entre las fallas ópticas y las eléctricas y el establecimiento de si las fallas están en el ODN o en la electrónica es un requerimiento que el operador debe tener siempre como clave. En general, la inferencia se puede hacer a partir de la presencia (la falla de energía o del equipo), o la ausencia (falla de la fibra), de la alarma de jadeo agonizante de la ONU. Diferentes puntos clave para la supervisión de XG-PON pueden ser resumidos 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 desde un extremo a otro a la capa de Ethernet
- Reparación proactiva versus reactiva
- La coexistencia de G-PON con XG-PON, esto a través de WDM1r

## **2.16 Las Arquitecturas de Red de Fibra Óptica (FTTH)**

Para entender de una mejor manera todo lo referente a la arquitectura de red FTTH, se explicará su definición y seguidamente el detalle de los componentes o elementos que conforman esta arquitectura de red.

### **2.16.1 Definición de la Arquitectura FTTH**

Se la puede definir como: Fibra Óptica hacia el hogar derivado de sus siglas en inglés FTTH (Fiber To The Home), que es una tecnología de telecomunicaciones que consiste en utilizar cableado de fibra óptica y un sistema de distribución de tipos ópticos para el suministro de servicios de Internet (banda ancha), Telefonía IP y Televisión (IPTV) a hogares, negocios y empresas, entre otros.

### **2.16.2 Componentes que tiene Arquitectura FTTH**

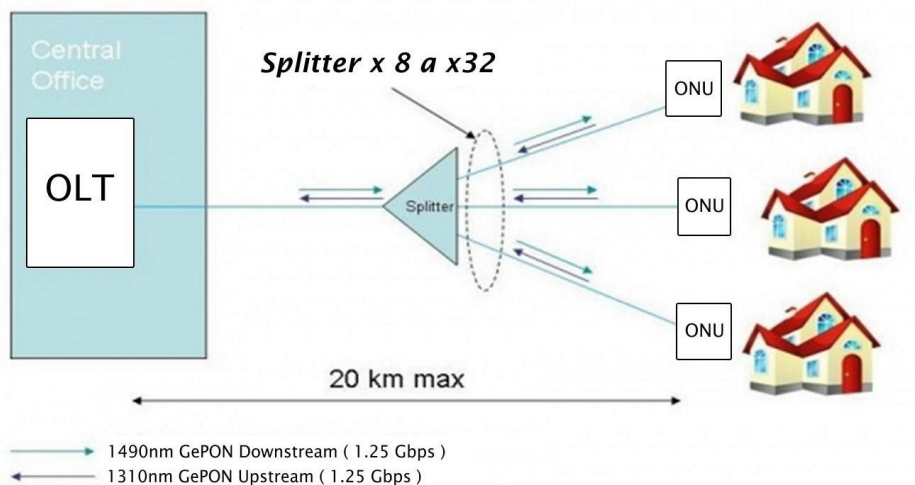
Los componentes principales y la arquitectura en general de una red FTTH para cualquier operador de telecomunicaciones como lo indica (Technopediasite, 2018) es de la siguiente manera:

Se debe incluir el terminal de línea óptica (OLT), un marco de distribución óptica (ODF), un divisor óptico pasivo (POS), el terminal de distribución de fibra (FDT), el terminal de acceso de fibra (FAT), la Unidad/terminal de red óptica (ONU/ONT). Estos elementos son los que conforman toda una red FTTH.

Para mejor entendimiento podemos ver la Figura 39, en la que esta descrito la arquitectura FTTH.

**Figura 39:**

*Descripción de Arquitectura FTTH, distribución de red de fibra óptica y los componentes que la conforman*



Fuente: (Paradiso, 2020)

Ahora que se conoce todos los elementos que conforman esta arquitectura de red FTTH, se define a detalle cada uno de los equipos que forman parte en la arquitectura de red, sin embargo, están clasificados en dos grupos de elementos. Comenzando con el primer grupo, se tiene los siguientes elementos en la arquitectura de red FTTH –XG-PON, los elementos activos pueden ser definidos de la siguiente manera según Huawei Technologies Co., Ltd (2019):

### **2.16.3 Dispositivo OLT.**

OLT es un dispositivo de la oficina central muy importante, que se puede conectar al Switch frontal por cable de red y convertir a una señal óptica. Se interconecta la fibra óptica única con el divisor óptico en el extremo del usuario. Se efectúa el control, la gestión y el alcance desde la ONU del equipo del usuario, podemos observar la Figura 40 respecto a esto.

**Figura 40:**

*Terminal De Línea Óptica (OLT) dispositivo muy importante en arquitectura de red FTTH*



Fuente: (Made in China, 2022a)

**2.16.4 ONU y ONT.**

Estos son dispositivos que están al lado del usuario final. Principalmente no existen una diferencia principal, pero si se diferencia en algunas cosas. Un ejemplo de esto sería en una celda, la ONT está ubicado directamente en la casa del usuario, y una ONU puede colocarse por ejemplo en un pasillo, y cada usuario podría estar conectado a la ONU, todo esto a través de un dispositivo como un Switch. En la Figura 41 se observa un equipo ONU.

**Figura 41:**

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



Fuente: (Alibaba.com, 2021)

**2.16.5 SMALL FORM-FACTOR (SFP) o Módulo Transceptor.**

Este básicamente es un equipo transceptor insertable en caliente, con la finalidad de servir como interfaz entre dos equipos de comunicaciones que pueden ser un Switch, Router o OLT, entre otros y la red de fibra óptica. Están diseñados con la capacidad de soportar diferentes estándares de comunicaciones (Alea Soluciones, 2017)

Después de haber definido un primer grupo, se pueden definir los elementos pasivos que están en el segundo grupo, descritos a continuación:

**2.16.6 Los cables de fibra óptica.**

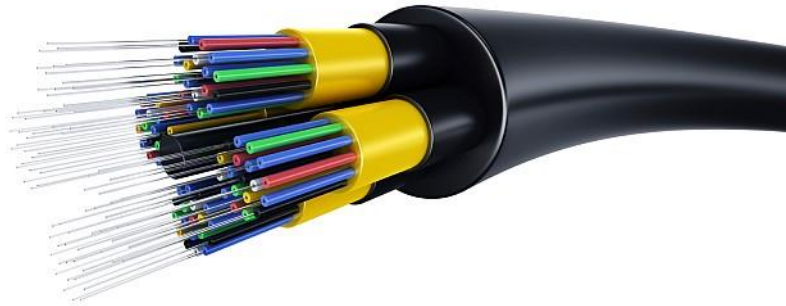
Un cable de fibra óptica principalmente está compuesto por varios conjuntos o agrupaciones de fibras, que son capaces de transmitir señales lumínicas que comparten un mismo



espacio físico o mismo medio de transmisión. Estos poseen varios recubrimientos con el objetivo de dar la protección adecuada a los hilos de fibra óptica (Andrade, 2020). En la Figura 42, podremos observar un cable de fibra óptica de ejemplo.

**Figura 42:**

*Cables de fibra óptica de la arquitectura de red FTTH*



Fuente: (Cesconnect.net, 2022).

**2.16.7 Los conectores y acopladores de fibra óptica.**

Existen varios tipos de conectores, sin embargo, para este caso vamos a dar a conocer como los conectores de fibra óptica conforman la red FTTH, este, adicionalmente, aparte de ser un elemento dentro de la red FTTH se define que los conectores se los considera el enlace más débil dentro de un sistema de fibra óptica, porque marcan un punto en el que muy fácilmente puede ocurrir una pérdida de señal del sistema. Por otra parte, también existen acopladores de fibra óptica, con el fin de acoplar varios hilos de fibra usando distintos tipos de conectores (Rodríguez, 2016). En la Figura 43 que tenemos a continuación, se observa la composición de los conectores de fibra óptica.

**Figura 43:**

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

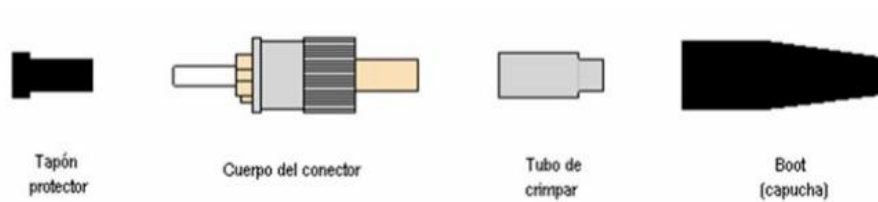


FIGURA 1



FIGURA 2

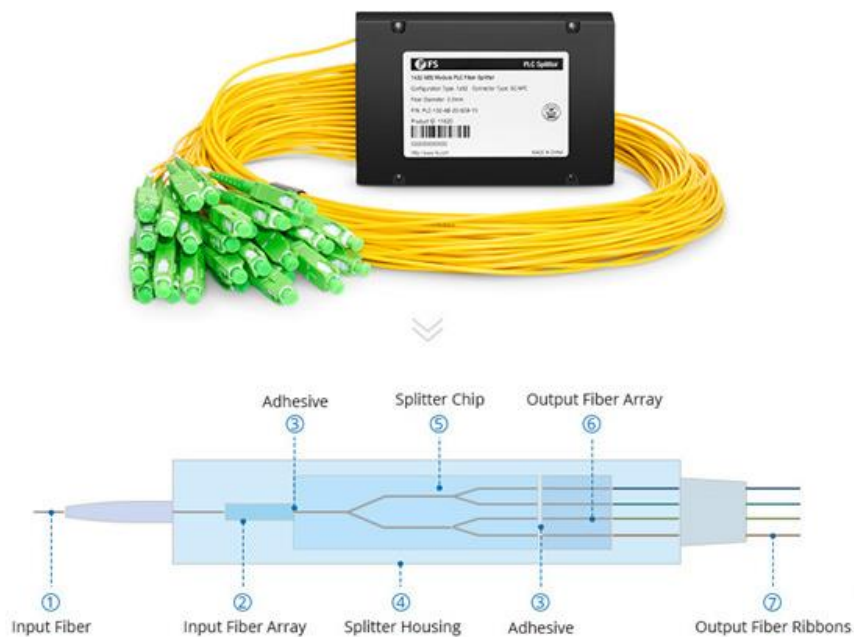
Fuente: (Ormeño, 2016)

**2.16.8 Los Splitters.**

Estos son elementos de una red de fibra óptica que conforman la estructura pasiva dentro de la red y que son aquellos responsables de dividir la señal óptica en muchas señales. Estos se encargan de permitir que la señal óptica sea emitida desde una central de equipos por medio de algunas fibras y que esta sea dividida por splitters divisores para poder llegar así a enviar las señales a un número mayor de usuarios (Silex Fiber, 2021) En la siguiente Figura 44 podremos observar un splitter óptico.

**Figura 44:**

*Splitters ópticos dentro de la arquitectura de red FTTH*



Fuente:(Smith, 2021)

### 2.16.9 Los Pigtails y Patch Cords.

Su definición en la arquitectura de red FTTH es simple, pero, sin embargo, se define que de acuerdo al mercado de fibra óptica Patch Cord se define como un cable de fibra óptica que se encuentra interconectado en ambos extremos, mientras que el Pigtail está define como un cable de fibra óptica interconectado solo en un extremo (DYCOTEC S. A., 2021). En la Figura 45 que podemos a ver a continuación se observa la diferencia entre un Patch Cord y Pigtail.

**Figura 45:**

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



**Fiber Patch Cord & Pigtail**

Fuente: (Wang, 2015)

**2.16.10 Las Mangas de empalme.**

Formalmente la definición de las mangas de empalme sería que son un componente de las arquitecturas de red de fibra óptica FTTH, y que estas, son utilizadas para mejorar la protección o el posicionamiento de soporte de empalmes de la fibra. También son conocidos como NAPs de los distintos niveles de la red de fibra óptica (FOCC, 2021). En la siguiente Figura 46 se puede observar una manga de empalme del tipo lineal.

**Figura 46:**

*Mangas de empalme de la arquitectura de red FTTH*



Fuente:(Mercado Libre, 2021)

**2.16.11 ODF.**

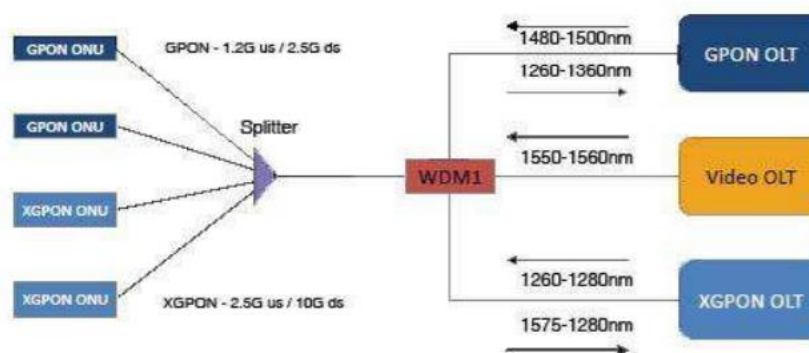
Marco de distribución óptica (ODF), es el marco de la red donde las fibras de los cables exteriores se terminan y están disponibles para interactuar con el equipo de tipo activo o para parcheo. Este ODF ofrece una conexión flexible entre los puertos o los divisores de equipos activos y la terminación del cable exterior. Las fibras son identificadas y almacenadas en carcasas o estantes separados físicamente, que sirven para simplificar el mantenimiento de la fibra y para protección o evitar interferencias accidentales que pueden ocurrir en los circuitos de la fibra.

## 2.17 Coexistencia entre XG-PON/GPON.

La coexistencia de la tecnología GPON, en vigor, con su evolución 10GPON es necesaria para dar una migración sencilla y de bajo costo. La reutilización de infraestructuras, de equipos es imperativa para proteger las inversiones de los operadores de la tecnología GPON. En la figura 47 se muestra el diagrama esquemático de la coexistencia entre XG-PON y GPON.

**Figura 47:**

*Coexistencia entre GPON y XG-PON.*



Fuente: (Syambas, 2017).

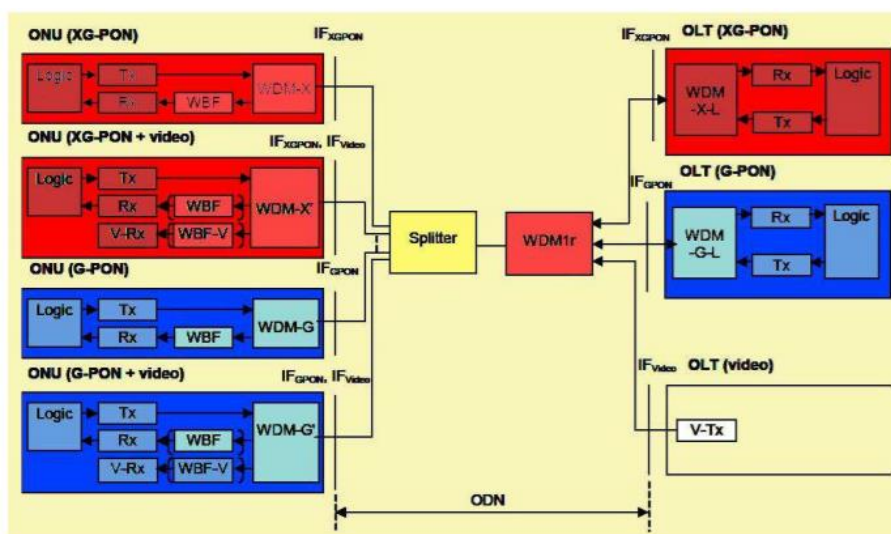
Pueden existir diferentes arquitecturas para que la coexistencia entre las tecnologías: GPON, XGPON (1 o 2) sea posible, incluso para que los servicios de vídeo continúen activos en una misma ODN. Las figuras 21 y 22 son diagramas de referencia de arquitecturas de una red óptica de acceso. Se utilizan los filtros de bloqueo de longitud de onda (Wavelength Blocking Filters, WBF) y multiplexación WDM, tanto para que GPON, XGPON1 o XGPON2 y vídeo compartan la misma ODN.

Los equipos WDM tienen la función de combinar/aislar las longitudes de onda de las diferentes tecnologías (GPON, XGPON1 o XGPON2), y también las longitudes de onda para

difusión de videos tanto en upstream y downstream, los mismos que se encuentran situados en las OLT (por ejemplo, en la central telefónica) como en los equipos terminales de los usuarios (CPE), exactamente en las ONUs. Existen en las ONUs los WBFs que son filtros de longitudes de onda que interfieren con las señales enviadas al receptor (Rx) que también pueden ser señales de vídeo (V-Rx).

### Figura 48:

*Configuración óptica de referencia para la coexistencia de XGPON con GPON a través del WDM1r.*



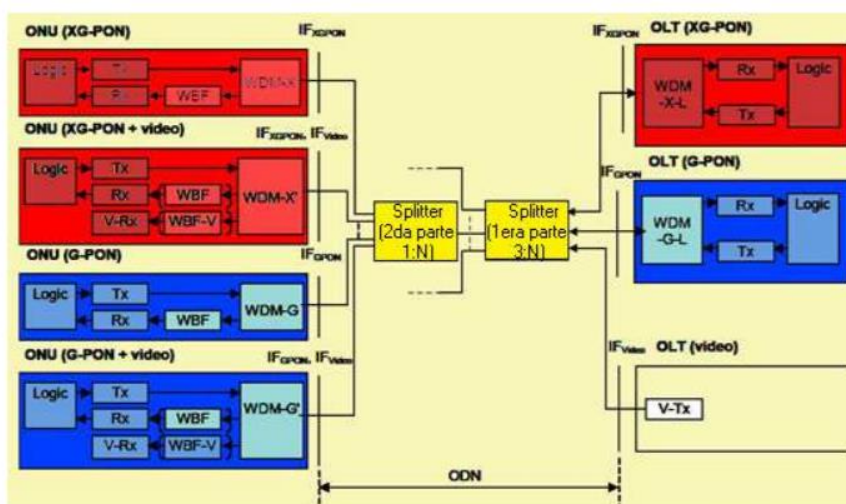
Fuente: (Syambas, 2017)

En la figura 48 se muestra una configuración óptica de referencia para la coexistencia de XGPON con GPON a través de la utilización de los equipos anteriormente mencionados (WBF y WDM), así como a un multiplexor de división por longitud de onda denominada WDM1r. El equipo WDM1r, con la misma función que los demás WDM, puede encontrarse en una central telefónica (Central Office, CO).

Mientras que en la figura 49 se muestra una configuración óptica de referencia para la coexistencia de XGPON con GPON mediante el uso de los equipos anteriormente mencionados (WBF y WDM) y varios niveles de separación. El primer punto de agregación (equivalente al primer nivel de separación) va a ser de 3: N, donde las señales de las OLTs (GPON, XGPON y Video) se dividir para N. El segundo punto de agregación (equivalente al segundo nivel de separación) será de 1: M usuarios finales.

**Figura 49:**

*Configuración óptica de referencia para la coexistencia de XGPON con GPON a través de splitters.*



Fuente: (Syambas, 2017)

## 2.18 Metodologías en el Diseño de Proyectos

Para que el desarrollo de proyectos sea debidamente realizado, se tiene que utilizar un tipo de metodología que nos guíe en todo el proceso de la realización de este. Dicho esto, estos modelos definen un tipo de forma para lograr ordenadamente trabajar durante el proyecto.

Algunos de estos tipos de metodologías funcionan mejor para un tipo específico de proyecto que



en otros, sin embargo, a la final, lo que es más importante como factor para obtener el éxito en la realización del proyecto es como se siguió el plan en particular. No es posible concebir la dirección de proyectos sin pensar de manera casi automática en la serie de pasos que debemos cumplir para asegurar la consecución de los objetivos del proyecto (UNIR, 2020a).

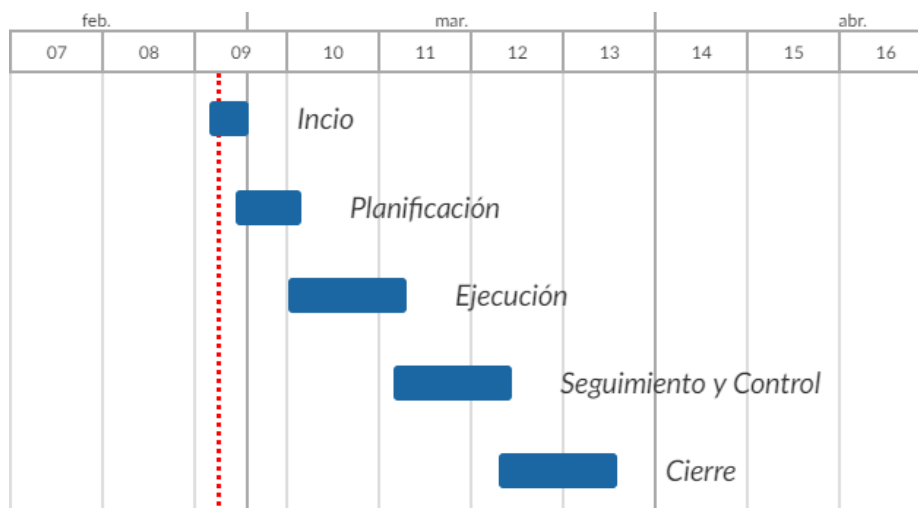
### **2.18.1 Cascada (“Waterfall”)**

Este es el marco tradicional de acuerdo inicial sobre el propósito del proyecto y la planificación directa. Esta técnica consiste en dividir el proyecto en diferentes procesos que se realizan de forma secuencial hasta alcanzar los objetivos fijados para cada fase o para todo el proyecto (UNIR, 2020).

Los procesos o secuencias en que se divide el proyecto según esta metodología son:

- **Inicio:** definición del proyecto y aprobación.
- **Planificación:** desarrollo de los diferentes planes de gestión.
- **Ejecución:** realización de las tareas planificadas con el fin de completar entregas.
- **Monitorización y control:** se supervisan las tareas ejecutadas y se comparan con la planificación. Se aplican medidas de corrección si se detectan desviaciones.
- **Cierre:** se logra finalizar una fase o proyecto en tres situaciones: cuando se cumple con la entrega de las tareas ejecutadas; cuando no es posible ejecutar parte o todas las tareas planificadas; o cuando el proyecto deja de ser viable o realizable.

La siguiente Figura 50 nos da una ejemplificación de los pasos que tiene este tipo de metodología en la creación de proyectos.

**Figura 50:***Ejemplificación del modelo de cascada*

Fuente:(D. Sánchez, 2019)

La planificación en cascada brinda a los realizadores de proyecto un control detallado sobre cada fase. Al mismo tiempo, sin embargo, es un método que no deja mucho margen de maniobra si se presentan circunstancias que obligan a cambiar en un proyecto que ya ha comenzado a ejecutarse. Esta técnica es muy popular en la industria, la construcción y el desarrollo de software.

Según (Sánchez Diana, 2019), podemos observar las siguientes comparativas de ventajas y desventajas de esta metodología.

### **Ventajas de waterfall**

- Facilidad para llevar el seguimiento y control de lo que se está desarrollando (porcentaje de cumplimiento).
- Cada fase tiene resultados específicos.

- Útil para gestionar dependencias.
- Permite la estimación de calendarios y presupuestos con mayor precisión.
- El cliente sabe que lo que va a recibir una vez finalice el proyecto, desde la fase de inicio, o con los cambios que se hayan podido incluir mediante una gestión de cambios.
- El proceso y los entregables exigen un nivel de documentación.

### **Desventajas de waterfall**

- Una vez cerrada la fase de requerimientos, cuesta aceptar un nuevo requerimiento y éste se convierte en una gestión de cambio que afecta al tiempo y coste del proyecto.
- Resulta difícil responder de forma inmediata a los problemas que puedan surgir.
- Si los requisitos no están claros desde un principio, resulta una metodología poco efectiva.
- Las pruebas se inician al finalizar el desarrollo, con lo cual existe una gran probabilidad de encontrar errores y tener que volver a la fase de desarrollo, retrasando así el proyecto.

#### **2.18.2 Cadena Crítica**

Siguiendo el modelo de cascada, es una metodología de proyecto basada en la Teoría de Restricciones (TOC), diseñada para maximizar el progreso del proyecto, teniendo en cuenta que los proyectos pueden ser inciertos y tener una serie de restricciones.(UNIR, 2020)

Se basa en **tres principios**:

- **Identificación** de las restricciones que afectan al proyecto
- **Dar prioridad** a las tareas dentro de la cadena crítica

- **Subordinar el resto de las tareas** a las indicadas en la cadena crítica

Se utiliza en la **gestión multiproyecto** vinculándolos unos a otros a través de la liberación de los recursos críticos.

### **2.18.3 Metodología Ágil**

Se basa en la flexibilidad y la capacidad de modificar productos o servicios a lo largo del proyecto, ya que se utilizan al mismo tiempo que se desarrollan, creando valor constantemente. Esta metodología divide el proyecto en fases (sprint, en muy poco tiempo), cuyo resultado es un producto con una amplia gama de funcionalidades habilitadas. Estas etapas se suceden hasta lograr todas las funciones definidas para el producto. (Sánchez Diana, 2019)

De forma esquemática, estas **fases** se componen de lo siguiente:

- **Inicio:** objetivos del sprint
- **Desarrollo:** seguimiento diario
- **Cierre:** se revisa el cumplimiento

La capacidad de tener un producto funcional y utilizable al final de cada sprint permite ajustar los objetivos del proyecto a medida que se definen nuevos sprints y, por lo tanto, garantizar mejor que el producto final satisfará las necesidades del cliente.

Dentro de esta metodología de proyectos se encuentran:

#### **2.18.3.1 Scrum:**

Se basa en la repetición o sprint (el plazo normal es de 30 días) donde se planifican objetivos, se trabaja para alcanzarlos y se sigue la consecución y las necesidades de su aplicación. Se controlan los cambios solicitados por el cliente. Scrum se utiliza para el trabajo en

equipo en proyectos complejos donde, debido a la alta incertidumbre, puede haber muchos cambios de última hora. Los tres pilares sobre los que se sustenta son: transparencia, control y adaptación.

#### **2.18.3.2 Kanban:**

Su objetivo es aumentar la eficiencia enfocando el trabajo del equipo en las tareas que son más relevantes para el proyecto. Comprender los conceptos de mapas visuales y trabajo en progreso. Aunque se aplicó por primera vez en los procesos de producción industrial, ahora se ha extendido a la gestión de proyectos en otras industrias, incluido el desarrollo de software.

El objetivo es crear valor para el cliente sin incurrir en costos adicionales, por eso busca lograr la eficiencia enfocando el trabajo del equipo en las tareas que son más adecuadas para el proyecto.

Te permite priorizar tareas pendientes de las que dependen otras fases del proyecto y mejora el flujo de trabajo general. De hecho, esto se hace con tarjetas o notas adhesivas en un “tablero Kanban” o a través de herramientas de gestión de proyectos como Trello y también se puede aprovechar su combinación con diagramas de Gantt.

#### **2.18.3.3 XP-Extreme Manufacturing:**

Debe centrarse en mejorar las relaciones interpersonales como clave para un crecimiento exitoso.

#### **2.18.3.4 Lean:**

Se busca maximizar el valor del cliente y minimizar el desperdicio.

#### **2.18.4 Metodología Híbrida**

Esta metodología combina las mejores prácticas de la metodología clásica y el mundo ágil. En entornos altamente competitivos, donde el tiempo es esencial y es necesario estar en el mercado antes que la competencia, el tiempo de desarrollo debe ser muy corto y flexible. La clave está en mejorar continuamente los procesos, adaptarse al cambio y la innovación y crear entornos dinámicos y colaborativos. En estos proyectos, la metodología es una combinación de cascada y flexibilidad para que el foco esté tanto en el producto como en el cliente.

#### **2.18.5 Elección de la Metodología para el presente Proyecto**

La metodología seleccionada para el presente proyecto se lo selecciona en base al tipo que usa en este caso la empresa para la realización de proyectos dentro de su esquematización, en este caso el de cascada, ya que se lo realiza en base a los pasos expuestos a esta metodología para el uso de este tipo de proyectos de fibra, en el que se debe hacer un inicio en el cual se define el proyecto a ser realizado, luego ejecutar una planificación para el desarrollo de este. Luego seguimos con la ejecución de la programación que realizamos para el proyecto, seguido con esto la monitorización que supervisen el avance y correcta ejecución de nuestro proyecto para llegar al cierre donde podremos ver que conclusiones y finalización de proyecto como tal y que tan bien ha funcionado. Este es un ciclo de vida lineal, el cual se ha decidido usar para este proyecto de tesis, en el cual cada fase debe terminar para pasar a la siguiente, realizando una revisión para finalizar cada una de estas fases para pasar a las siguientes.

### **3 CAPITULO III: DISEÑO DE LA RED DE FIBRA OPTICA FTTH**

#### **3.1 ANTECEDENTES EMPRESA SITEC S.A.**

Este capítulo abarca un análisis de la situación actual de la empresa SITEC S.A., que nos dará a conocer la cobertura que tiene actualmente, planes que esta ofrece, clientes que tienen su servicio contratado en la parte del estudio (Comunidad Chuchuquí), entre otras características a resaltar para el diseño de la infraestructura de la red de expansión. Este análisis de situación actual nos ayuda a tener visión más específica sobre el área y necesidades de los habitantes del sector donde se va a realizar el proyecto. Además, a esto, hay que analizar actualmente como se encuentra el servicio de Internet que se brinda en el sector, clientes ya existentes y las necesidades que existan de los usuarios, con lo que contaremos para el desarrollo de esta expansión de la red de la empresa.

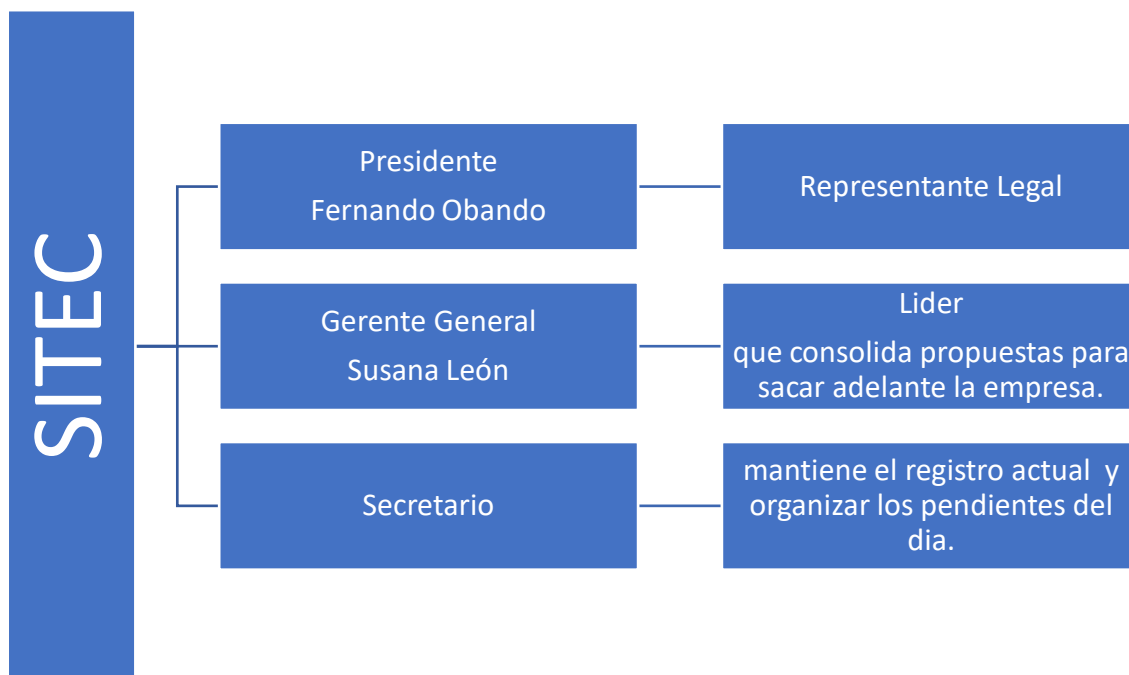
#### **3.2 La empresa SITEC S.A.**

La empresa está consolidada por un grupo de socios, cuenta con algunas sucursales, la ubicación de estas es: Su Matriz principal en la ciudad de Ibarra en la dirección Aurelio Mosquera Narváez y Luis Fernando Villamar, y su sucursal en Otavalo parroquia: Eugenio espejo sector: copa Cabana.

#### **3.3 Situación actual de la empresa**

##### **3.3.1 *Organigrama de la empresa***

En el siguiente cuadro organizacional de la figura 51, podemos observar la estructura dentro de la empresa, su personal de funciones principales en el periodo de alrededor de los 2 años.

**Figura 51:***Organigrama de empresa SITEC*

Fuente: Empresa SITEC S.A.

### 3.3.2 Servicios

Este es un ISP (Proveedor de Servicios de Internet) orientado a dar servicios a la ciudadanía en general manteniendo un estándar de calidad, lo que permitirá a sus clientes un uso indiscriminado y de igual derecho para todos, teniendo a disposición los servicios que podemos ver a continuación:

- Servicios de internet y telecomunicaciones, en los cuales se ofrece los siguientes planes:



**Tabla 3.***Planes de Internet que ofrece la empresa*

<b>PLANES</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
<b>Plan Básico</b>	Fibra óptica 10 megas \$16.00 mensuales
<b>Plan Clásico</b>	Fibra óptica 20 megas \$19.99 mensuales
<b>Plan Máster</b>	Fibra óptica 30 megas \$22.99 mensuales
<b>Plan Furious</b>	Fibra óptica 50 megas \$29.99 mensuales

---

Fuente: Empresa SITEC S.A.

- Servicios adicionales que ofrece la empresa: son ofertados por la empresa adicionalmente al de servicio de internet y sus planes descritos anteriormente.

- ✓ Videovigilancia e instalación de cámaras de seguridad
- ✓ Sistemas de Alarmas
- ✓ Todo lo referente a domótica
- ✓ Sistemas de cableado estructurado
- ✓ Optimización de redes WIFI
- ✓ Servicios de telecomunicaciones (Diseño y construcción)

### **3.3.3 *Diseño y Arquitectura actual de la red de la empresa***

La empresa tiene como diseño de red hasta el momento, una conformación que está compuesta por diferentes nodos y equipos instalados, que permiten brindar un servicio de calidad para el usuario. Las ubicaciones de los nodos y zonas que están desplazando su servicio se lo especificará a continuación.

## **3.4 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LOS NODOS**

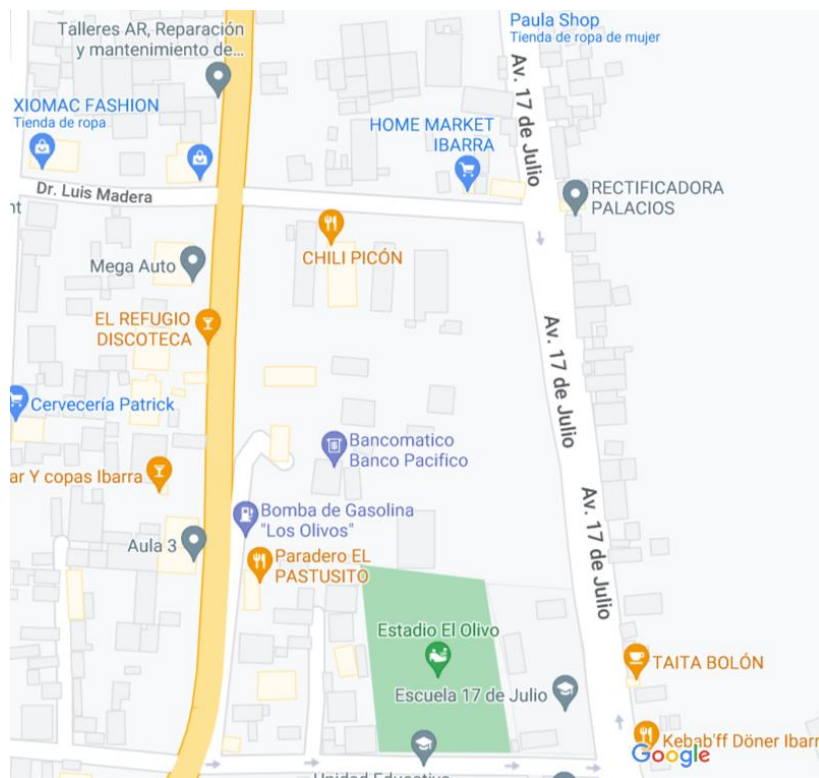
Tomando en cuenta cada uno de los nodos con los que cuenta la empresa actualmente, se puede mediante planos de red, saber qué porcentaje de la zona cubre y también los equipos que se utilizan para todo esto.

### **3.4.1 *Nodo Ibarra***

La red se extiende a través de una fibra óptica de 24 hilos que conecta la portería de arrendamiento. Esta fibra consta de 8 a 10 elementos activos y comienza en el primer nodo ubicado en la Avenida 17 de Julio en Ibarra. A través de esta fibra, la red se extiende por distintas calles, cubriendo la zona norte de la ciudad de Ibarra, así como las parroquias de La Dolorosa, Priorato y El Sagrario en el centro. La siguiente Figura 52, nos indica la ubicación de este nodo:

**Figura 52:**

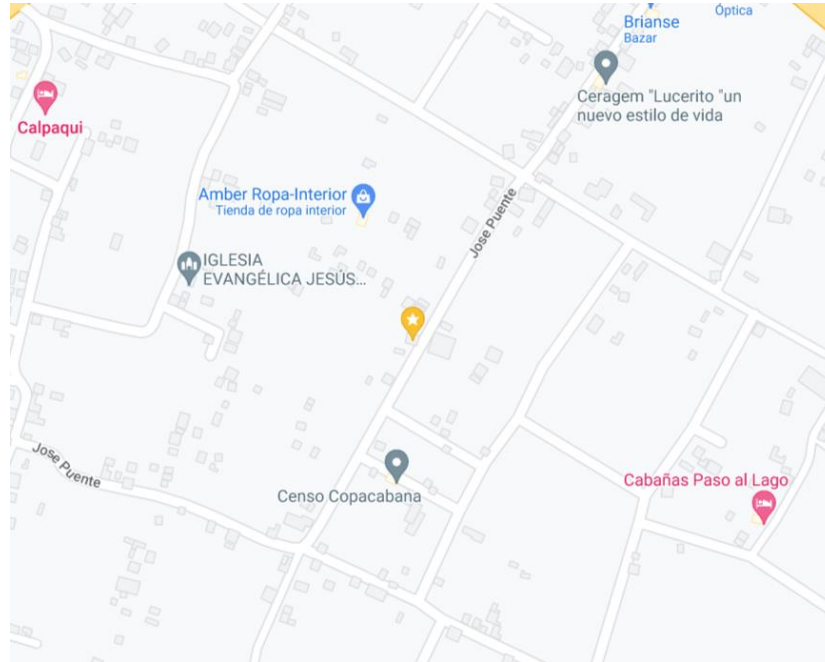
*Ubicación del Primero Nodo principal Ibarra*



Fuente: Empresa de Servicios de Internet y Telecomunicaciones SITEC S.A

### 3.4.2 *Nodo Otavalo*

Además, el segundo nodo se encuentra en Otavalo, específicamente en la calle José Puente de la comunidad Censo Copacabana, en la Parroquia Eugenio Espejo. Al igual que el primer nodo, este se despliega utilizando una fibra óptica y se conecta a los postes de arrendamiento. La red se extiende principalmente por las comunidades de Copacabana y Calpaqui alto, y se extiende hacia Eugenio Espejo. En la siguiente Figura 53 podremos observar la localización del Nodo en Otavalo de la Empresa.

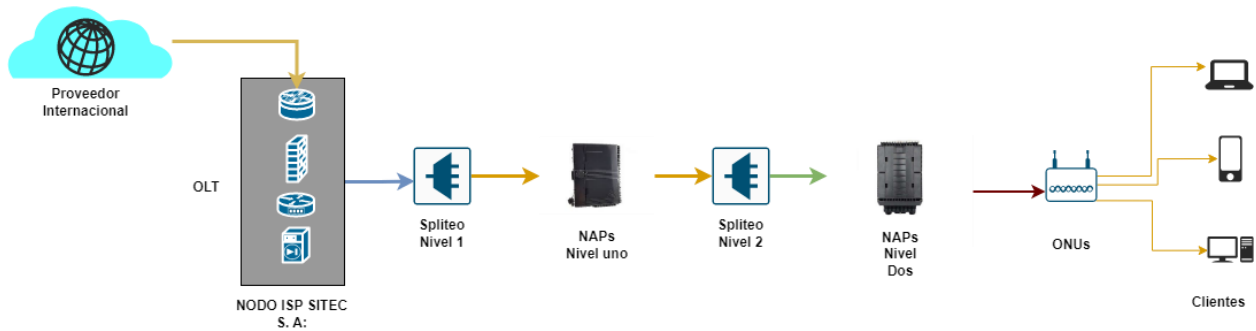
**Figura 53:***Ubicación Segundo Nodo Otavalo*

FUENTE: Empresa de Servicios de Internet y Telecomunicaciones SITEC S.A

El siguiente diagrama de la figura 54, nos indica como está constituido este nodo, y como es lo que llega el internet del proveedor internacional hacia los clientes.

**Figura 54:**

*Diagrama Esquemático nodo Otavalo donde llega el internet desde el proveedor internacional al cliente.*



Fuente: Autor

### 3.4.3 Equipos y características de equipos en la empresa

La red principal de la empresa se compone por la OLT, un Core de control, 2 routers de borde de diferentes marcas, y un servidor. El principal proveedor que tiene la empresa es FIBRAMAX.

En la siguiente tabla se detalla los equipos que existen en la empresa:

**Tabla 4.***Características de equipos que posee la empresa*

<b>Equipo</b>	<b>Marca</b>	<b>Modelo</b>
<b>OLT</b>	Huawei	MA5608T
<b>Core de control</b>	Mikrotik	ccr1072-1G-8S
<b>Router de borde 1</b>	Cisco	catalyst 4948
<b>Router de borde 2</b>	Mikrotik	ccr1009-7g-2S
<b>Servidor</b>	Intel core i7 16 RAM 1 TB de disco	
<b>Respaldo de energía</b>	450 W	

Fuente: Empresa SITEC S.A.

**3.4.3.1 OLT Huawei MA5608T**

Este se lo ha considerado como un MINI OLT, este ha sido diseñado para que direcciona la fibra a la premisa o escenarios de despliegue de fibra profunda, en situación que un OLT normal o grande puede ser que no sea la mejor de las opciones. Este fue diseñado para ser un complemento de los OLTs más grandes con mismas características en cuanto al rendimiento y grado del transporte.

Gracias al uso de GPON, 10GPON, Ethernet P2P y triple tecnología, el terminal brinda acceso a redes de alto rendimiento. Este es el OLT más pequeño de Huawei capaz de atender hasta 4096 usuarios a la vez. El dispositivo admite hasta 32 puertos GPON, hasta 16 puertos XG-GPON, hasta 512 000 placas MAC, placa 8192 ARP, velocidad de conmutación de hasta 720 GB/s. Este dispositivo es adecuado para el montaje en un rack 19.

**Figura 55:***OLT MA5608T*

Fuente: (Made in China, 2022)

Este tiene las siguientes características:

- Soporta un máximo de 4096 usuarios
- Tiene un chasis de 19 de ancho
- Ocupa 2U en un rack de 19
- Permite 2 tarjetas de Service Board de 8 o 16 puertos GPON

La siguiente tabla presenta más características de estos equipos (BATNA24, 2022)

**Tabla 5***Característica de OLT MA5608T*

<b>CARACTERÍSTICAS</b>	<b>FILTROS</b>
<b>ESTÁNDAR PON</b>	<b>GPON</b>
<b>Tarjetas incluidas</b>	<b>GPFD C+, MCUD1 (10GE), MPWD (CA/CC)</b>

<b>OLT - Número de puertos PON</b>	Dieciséis
<b>OLT - Número de puertos de enlace ascendente</b>	8
<b>Tipo de caso</b>	Bastidor (2U)
<b>Capacidad de conmutación de bus de montaje</b>	720 Gbit/s
<b>Tasa de transferencia de paquetes del sistema L2</b>	MCUD/MCUD1: 190 Mb/s (modo activo/en espera), 380 Mb/s (modo de carga compartida)
<b>Capacidad de conmutación del panel de control</b>	MCUD/MCUD1: 128 Gbit/s (modo activo/en espera), 256 Gbit/s (modo de carga compartida)
<b>Retraso en la conmutación / transmisión</b>	Un breve retraso en la transmisión: el puerto Ethernet de 100 Mbit/s envía paquetes Ethernet de 64 bytes con un retraso de menos de 20 $\mu$ s.
<b>Puerto de servicio</b>	Número de puertos Ethernet 10 Mbit/s/100 Mbit/s: 1
<b>Puerto de vigilancia</b>	Número de puertos seriales para monitoreo ambiental: 1
<b>Puerto Ethernet de gestión fuera de banda (RJ-45)</b>	MCUD / MCUD1
<b>puerto GPON</b>	GPBD / GPBH: 8 puertos GPFD: 16 puertos
<b>Puerto GPON 10G</b>	XGBC: placa de 4 puertos XGBD: 8 puertos



<b>Puerto óptico P2P GE</b>	OPGD / OPGE: unidireccional bidireccional: placa de 48 puertos, bidireccional bidireccional: placa de 24 puertos
<b>Puerto óptico P2P FE</b>	OPGD / OPGE: unidireccional bidireccional: placa de 48 puertos, bidireccional bidireccional: placa de 24 puertos
<b>Puerto óptico Ethernet</b>	ETHB: 8 puertos
<b>Puerto E1</b>	H802EDTB: 16 puertos
<b>Modo de energía</b>	CC o CA
<b>Tensión nominal</b>	Fuente de alimentación CC: -48 V / -60 V Fuente de alimentación CA: 110 V / 220 V.
<b>Temperatura ambiente de trabajo</b>	De -40°C a +65°C

---

Fuente: (BATNA24, 2022)

### 3.4.3.2 Core de Control Mikrotik ccr1072-1G-8S

Este es un enrutador, alimentado por una CPU de 72 núcleos, cada uno de sus núcleos tiene una frecuencia de 1 GHZ, para aprovechar al máximo está potencia, viene con RouterOS L6 instalado, 16 GB de RAM incorporada y con pantalla táctil LCD a color, dos fuentes de alimentación extraíbles, y este, es capaz de producir más de 120 millones de paquetes por segundo. (Mikrotik, 2021).

La siguiente figura 56 nos indica el core de control.

**Figura 56:**

*Core de Control mikrotik ccr1072-1G-S8*



Fuente: (MIKROTIK, 2022)

**3.4.3.3 Router de borde Cisco catalyst 4948**

Este es un switch de configuración fija de 1 unidad de rack de capa 2-4, de baja latencia y velocidad de cable para conmutación optimizada. La serie Catalyst 4948 nos ofrece un rendimiento y una fiabilidad muy excepcionales para la agregación multicapa de baja densidad de servidores, ofreciendo 48 puertos de velocidad de cable 10/100/1000BASE-T con 4 puertos alternativos(CISCO, 2022).

La siguiente figura 57 nos indica una descripción del Router Cisco.

**Figura 57:**

*Cisco Catalys 4948 switch*



Fuente: (CISCO, 2022)

#### 3.4.3.4 Router de borde Mikrotik ccr1009-7g-2S

Es un poderoso enrutador rackeable con CPU de nueve núcleos de 1.2 GHz con 2GB de RAM, puertos USB, compatibilidad con SFP de 100 Mbps, admite módulos de fibra 100BASE-LX/100BASE-SX/100BASE-BX, así como módulos SFP estándar de 1,25 G (MIKROTIK, 2020). La figura 58 nos describe el Router de borde del ISP.

#### Figura 58:

*Router de borde Mikrotik modelo ccr1009-7g-2s*



Fuente: (MIKROTIK, 2022)

### 3.5 Observación de Oferta y Demanda Existente y posible a Futuro

En este apartado de acuerdo a la oferta y demanda y la situación actual en los habitantes de la comunidad Chuchuí con respecto al mercado de Internet que existen de proveedores en el sector, es uno de los puntos importantes a tener en cuenta en el desarrollo del presente proyecto.

El mercado es donde se relaciona la oferta y demanda dependiendo de las necesidades y abastecimiento de cada parte, donde el tamaño de este es una de las partes más fundamentales de análisis y para ello se debe determinar esta situación actual de demanda dentro del mercado de ancho de banda en la comunidad de Chuchuí, el cual se lo realiza mediante muestreo simple para una verificación de datos obtenidos por encuestas realizadas a usuarios que hacen uso de

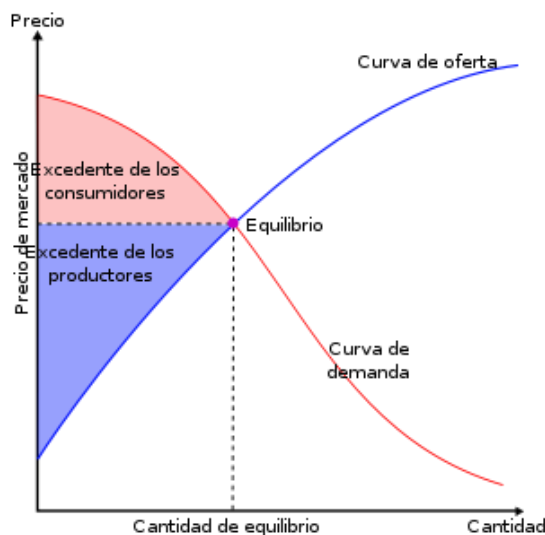
servicios de telecomunicaciones. Una vez realizado, podremos determinar una demanda de proyección y un análisis de la red si puede abastecer los requerimientos de nuevos usuarios a largo plazo para futuro.

Esto pues, debido a que este está enfocado en el desarrollo para uno de los proveedores de Internet de la zona, por ende, hay que comprender que tanto hay de oferta en esa comunidad, como en sus aledañas para posibles futuras demanda de consumidores que habitan en el sector.

### ***3.5.1 Oferta y Demanda en el mercado***

Ambas, dentro del proceso de los mercados interactúan entre sí, con lo cual se logra determinar las cantidades que se ofrecen en el mercado como servicios o prestaciones. Hay que tomar en cuenta que, si existe aumento del precio de un bien, la cantidad que se ofrece también será mayor, lo que significa que se aumenta la cantidad que se ofrece.

La siguiente figura 59, lo que muestra es, ambas curvas de oferta y demanda entrelazadas en el mercado, en donde se puede ver el caso de que hay excedente de los consumidores, el caso de excedente de productores y un punto de equilibrio con respecto a las 2.

**Figura 59:***Curvas de demanda y oferta en un mercado*

Fuente: (Jiménez, 2016)

La demanda se podría decir que es la cantidad de servicios que los usuarios o clientes desean adquirir dentro del mercado, por ende, cuando los precios de los servicios suben la demanda tiende a la baja y disminuye como podemos ver con línea roja en la Figura 59.

Al medir correctamente la demanda en el mercado, nos permitirá el grado de producción, distribuciones y precios. Para esto se debe hacer un análisis bien estructurado de la demanda del mercado. Lo que buscamos con esto es la identificación de los consumidores que estén atraídos por dicho producto o servicio revisado significativamente para comprarlo o adquirirlo.

Es por ello es que debemos realizar este proceso para la demanda sobre la banda ancha en la comunidad Chuchuquí como algo muy principal con el propósito de poder efectuar un diseño óptimo que cubra dicha demanda actual y a futuro de expansión.

### 3.5.2 Área de cobertura y su delimitación

La parroquia de Eugenio Espejo está ubicada geográficamente en la Provincia de Imbabura, a 2km al este de la parroquia de Otavalo y a unos 30km de la capital de la provincia, Ibarra, y posee una extensión de unos 23,5km<sup>2</sup>. Esta posee 12 comunidades, entre las cuales está aquella en la que vamos a implementar el Diseño de red, la comunidad Chuchuquí.

Esta se encuentra ubicada geográficamente con respecto a:

- Norte: Eugenio Espejo (Casco parroquial).
- Sur Mojanda Fuya-Fuya
- Este Comunidad San Miguel Alto
- Oeste Comunidad Calpaquí

### 3.5.3 Población

La parroquia de Eugenio Espejo tiene 12 comunidades, de las cuales el GAD ha obtenido en sus asambleas la siguiente tabla referencial a las familias existentes por cada una de las comunidades en el año 2015:

**Tabla 6:**

*Tabla poblacional Comunidades Parroquia Eugenio Espejo*

<b>Comunidades/centro parroquial</b>	<b>Familias</b>	<b>Pueblo</b>
Centro Parroquial	350	Kichwa /mestizo
Calpaquí	380	Kichwa /mestizo
Censo Copacabana	60	Kichwa
Chuchuquí	213	Kichwa

Cuaraburu	163	Kichwa
Huascara	243	Kichwa
Mojandita	63	Kichwa
Arias Pamba	120	Kichwa
Pivarinci	135	Kichwa /mestizo
Pucará Alto	95	Kichwa
Pucará de Velásquez	300	Kichwa
Pucará de Desaguadero	95	Kichwa
Puerto Alegre	79	Kichwa
<b>Total familias</b>	<b>2296 familias</b>	

---

**Total población (promedio 4**

**9184 hab.**

**miembros por familia)**

---

Fuente: Diagnóstico participativo GAD, Eugenio espejo (GAD Eugenio Espejo Polo et al., 2015)

Según esta tabla, realizada en el año 2015, por el GAD de la parroquia, el punto de interés para el presente trabajo es la comunidad de Chuchuquí, en la cual podemos ver que posee una población de 213 familias. Con un promedio de 4 personas por familia podríamos decir que en esta comunidad existen alrededor de 852 personas para el año 2015.

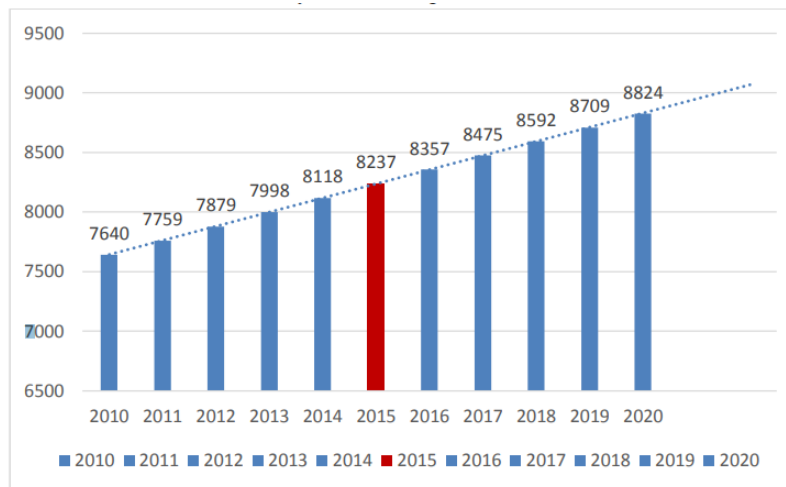
### **3.5.4 Proyección de la población**

En base a las tasas de crecimiento de la población total desde el año 2001 al año 2010 de la parroquia es del 2.26%, esto según datos de INEC al 2010. A un periodo de diez años, sería una taza de 2,21% para hombres y 2,30% en mujeres.

En la siguiente figura 60 podremos ver la proyección de la población al año 2020 en la parroquia Eugenio Espejo:

**Figura 60:**

*Proyección de la población al año 2020 en la parroquia Eugenio Espejo*



Fuente: (INEC, 2010)

La siguiente tabla nos podrá dar un resumen de crecimiento a 10 años con base al porcentaje de crecimiento en la comunidad.

**Tabla 7:**

*Población y variación de habitantes en la comunidad Chuchuqui*

<b>Resumen Demográfico</b>	
Chuchuqui habitantes 2010	810
Chuchuqui habitantes 2020	893
Porcentaje crecimiento demográfico	2,26 %

Fuente: (INEC, 2010)

**3.5.5 Situación Actual Proveedores**

En la Tabla 8 a continuación, están indicados los proveedores de Servicio de Internet para la comunidad Chuchuqui con respecto al año 2022. Este número total de los abonados son datos



recolectados de los proveedores para el sector. Hay que tener en cuenta que CNT E.P. tiene el mayor número de abonados en la zona, hay otras empresas que tiene cifras altas como el caso de SAITEL e INNO con algunos clientes, lo que nos llega poner a pensar que hay distintos abonados en distintas empresas, con lo que podríamos estar evidenciando que en su gran mayoría ha preferido una empresa diferente a CNT E.P.

**Tabla 8**

*Totales de abonados para cada proveedor al año 2022 en la Comunidad*

<b>ISP</b>	<b>NÚMERO DE ABONADOS</b>	<b>PORCENTAJES</b>
<b>CNT EP</b>	14	35,90%
<b>REDECOM</b>	4	10,26%
<b>SAITEL</b>	8	20,51%
<b>INNO</b>	7	17,95%
<b>PLUS</b>	4	10,26%
<b>TURBONET</b>	2	5,12%
<b>TOTAL</b>	<b>39</b>	<b>100%</b>

Fuente: Autoría Propia

### **3.5.6 Proyección de abonados**

Este es un punto muy importante a tener en cuenta, esta proyección de los abonados es lo que se pueda tener a un cierto periodo al futuro. Para esto se utiliza una ecuación matemática que determina las proyecciones de abonados como lo vamos a ver a continuación con la Ecuación 5.

#### **Ecuación 5**

$$Pt + n = Pt(1 + r)^n$$

En donde:

$P_{t+n}$ = Población a futuro

$P_t$ = Población actual

$r$ = tasa acumulativa media por periodo

$n$ = periodo de estudio

En este caso, tenemos una población de unos 39 abonados de servicio de Internet en los ISPS descritos anteriormente, lo cual sería la población actual o  **$P_t$** . La tasa acumulativa media o  **$r$** , viene dado por el crecimiento de la población en un periodo como en este caso, el de los 10 años definida por INEC en la Tabla 7, en lo cual se manejaría un porcentaje de 2.26 % para la siguiente ecuación 6:

**Ecuación 6**  **$P_t + 10 = 39(1 + 0.0226)^{10}$**

$$**P_t + 10 = 48**$$

Con esto, la cantidad de abonados al momento del año 2022 es de 39 como total, y con el método de proyección se ha podido definir que, para un lapso de 10 años, existirá un incremento de 9 clientes de la zona, esto nos representa un incremento del % en el crecimiento.

Aun teniendo estos datos, hay que tener en cuenta que después de un análisis a la situación actual en esta comunidad con respecto a los habitantes, las operadoras que trabajan con los diferentes abonados y la proyección de posibles abonados para el periodo de tiempo de 10 años no son lo suficientemente satisfactoria en la determinación de las necesidades con respecto al servicio de Internet.

Es por ello que, para saber una mejor opinión de dichos abonados y distintos requerimientos de estos con respecto al servicio de Internet, es necesario realizar una encuesta

escrita. La que servirá en gran medida como un instrumento en la búsqueda de determinar el nivel satisfactorio con el servicio actual y con el afán de lograr una contratación de nuevos servicios de internet que sean de satisfacción para las necesidades de los habitantes.

### **3.5.7 *Opiniones de los Abonados***

Este es un punto tan fundamental, ya que las opiniones que tengan los abonados nos ayudan a definir que necesidades tiene la población en lo referente al Servicio de Internet, lo cual, nos permitirá diseñar la red acordemente con aquellos requerimientos de estos usuarios.

Esta encuesta lo que busca es la realización del análisis de la situación actual en lo referente del Servicio de Internet que se brinda a los habitantes de la comunidad Chuchuki, y busca definir cuál sería la demanda que se tendría para el ancho de banda que sea necesaria en la zona, los costos que puedan darse y planes que serían ofertados, que pueden estar realizados en el diseño de esta red. Este modelo de encuesta se encontrará como anexo 2.

### **3.5.8 *Tamaño de la Muestra***

El muestreo consiste en un proceso que permita escoger una porción desde un conjunto de individuos para el estudio y caracterización a la población. EL objetivo de usar esta técnica es el de tener el conocimiento de cómo se comporta el universo o población total, con el uso de una muestra de este.

Para ello existen factores que son muy importantes en el análisis de una población mediante esta técnica llamada muestreo (García-García et al., 2013):

#### **3.5.8.1 *Tamaño Población.***

Este parámetro es el número total de personas al cual se desea estudiar, mejor conocido como universo.

### 3.5.8.2 Margen de Error.

Es un umbral que permite la determinación del grado de error que es aceptable para el estudio y es expresado en valores medios.

### 3.5.8.3 Nivel de Confianza.

Este es un porcentaje, cuya función es la de predecir cuanta confianza se puede obtener de la población de estudio, dicho de otra manera, es el nivel de confianza que existe en la media real esté el umbral de error.

### 3.5.8.4 Desviación estándar.

Esta lo que logra es permitir estimar la variación de las respuestas con respecto a una media, para la mayoría de los casos se recomienda optar por una desviación del 0.5, lo cual garantiza que sea suficiente el tamaño de muestra. En nivel general los valores que más son utilizados para el cálculo de una muestra los podemos observar en la siguiente Tabla 9:

**Tabla 9**

*Valores más utilizados en cálculo de una muestra*

Nivel de Confianza	Puntuación (z)	Margen de error
<b>80%</b>	1.25	20%
<b>85%</b>	1.44	15%
<b>90%</b>	1.65	10%
<b>95%</b>	1.96	5%
<b>99%</b>	2.58	1%

Fuente: (Survey Monkey, 2022)

### 3.5.8.5 Cálculo de la Muestra.

Con lo dicho con anterioridad, la parte de universo que se va a estudiar es el tamaño de la muestra, con base a los datos que se obtienen de los proveedores descrito con anterioridad, se cuenta con la población total que, al ser de un valor finito, nos permite realizar las encuestas a un tipo de muestra en específico.

Para realizar el cálculo de muestras, existen algunas fórmulas de tipo matemático, sin embargo, en este caso se utilizará la fórmula que se puede observar a continuación en la ecuación 7 en el cálculo de un universo finito.

**Ecuación 7**

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

En donde:

n= Tamaño de la muestra

N= Tamaño del universo

$\sigma$ = Desviación estándar de la población, en caso de desconocimiento del dato lo más común es utilizar un valor constante que es equivalente a 0.5%.

Z= Valor del nivel de confianza, por lo general se tienen dos valores siendo estos entre 99% y 95%

E= Error de estimación máximo, que generalmente va del 1% al 9%, siendo 5% el valor estándar

Para este caso de estudio, según tenemos en la tabla 8 el número de los abonados en la comunidad Chuchuí para el año 2022 con 39 usuarios. Se utilizará un margen de error de 5%

con un nivel de confianza de 95% y un valor para  $Z=1.96$ , lo cual se observa que existe en la tabla 9.

$$n = \frac{39 \times 1,96^2 \times 0,5^2}{0,05^2 \times (38) + 1,96^2 \times 0,5^2}$$

$$n = 36$$

Según los cálculos, el número de encuestas a los abonados debe ser de 36, es por esto que el proceso de recolección de los datos y el seguido proceso de análisis de los mismos se los realiza con esta proporción de universo. Los datos y análisis de resultados obtenidos en las encuestas serán indicados en el siguiente punto, con la finalidad de que la información que se analiza ayude a brindar un mejor criterio para el diseño de la red de fibra óptica y esté acorde tanto para las necesidades de los abonados como la situación del área de estudio.

### **3.5.9 *Análisis y recolección de datos de la Encuesta***

Esta encuesta fue realizada a 36 abonados de servicio de internet, lo que se toma como el tamaño de la muestra calculada, esta encuesta busca el objetivo de definir la realidad que se tiene sobre el tema del servicio de internet en la comunidad Chuchuqui. Es por esto que es de suma importancia tabular y proceder a analizar cada una de las respuestas que se ha recolectado.

Se debe hacer una tabulación con la finalidad de entender todos los datos que se ha recolectado, esta debe ser de las respuestas, y estos datos al ser tabulados pueden ser definidos de manera porcentual con gráficas para tener una diferente visión, la cual estará integrada en el anexo 3 para cada una de las preguntas.

La siguiente tabla 10, nos podrá mostrar una totalidad de los datos que se obtuvieron de las respuestas de la encuesta como lo podemos observar a continuación:

**Tabla 10***Datos de encuesta realizada a los abonados*

<b>Preguntas</b>	<b>Datos Preguntas</b>	<b>Número de Datos</b>	<b>Porcentajes totales</b>
<b>¿Cuenta con el servicio de Internet en su hogar</b>	SI	36	100%
	NO	0	0%
<b>Actividad que realiza:</b>	Trabajar	15	41,67
	Estudiar	17	47,22%
	Otros	4	11,11%
<b>¿Le gustaría contar con servicio de internet a través de fibra óptica?</b>	SI	32	88,89%
	NO	4	11,11%
<b>¿Cuál es el medio por el cual cuenta su servicio de Internet en la actualidad?</b>	Cableado de Cobre	19	52,78%
	Cableado Coaxial	1	2,78%

	Fibra Óptica	8	22,22%
	Antena	8	22,22%
<b>¿Cuál es el ancho de banda contratado en su servicio actual?</b>	5 Mbps-15 Mbps	6	16,67%
	15Mbps-30Mbps	23	63,89%
	Mas de 30 Mbps	7	19,44%
<b>¿Cuál es el costo que paga por su plan actual?</b>	10-20 dólares	6	16,67%
	20-30 dólares	23	63,89%
	Mas de 30 dólares	7	19,44%
<b>¿Está satisfecho con el servicio de Internet que tiene actualmente en su hogar?</b>	Bueno	3	8,33%
	Regular	14	38,89%
	Malo	19	52,78%



<b>¿Para qué actividades utiliza principalmente Internet?</b>	Estudios/	22	61,11%
	Investigaciones		
	Clases en Línea	5	13,89%
	Videollamadas	1	2,78%
	Videojuegos en línea y Servicios de Streaming	4	11,11%
	YOUTUBE	4	11,11%
<b>¿Conoce usted los beneficios de adquirir un servicio de Internet con fibra óptica?</b>	SI	17	47,22%
	NO	19	52,78%
<b>¿Le gustaría mejorar el ancho de banda de su plan actual por un precio similar, pero con mejor estabilidad, soporte y beneficios?</b>	SI	30	83,33%
	NO	6	16,67%
<b>¿Estaría dispuesto a cambiar su proveedor de Internet, si existe una</b>	SI	31	86,11%

---

---

<b>empresa que oferte un servicio a través de fibra óptica con precios similares a los que paga actualmente?</b>	NO	5	13,89%
--	----	---	--------

---

Fuente: Autoría Propia

Luego de haber recolectado todos los datos de las encuestas y haberlos tabulado, se procede a realizar un análisis de la situación por cada pregunta con lo que concierne al Servicio de Internet en el área del estudio.

### **3.5.10 Pregunta 1**

La pregunta 1 hace referencia sobre si los encuestados poseen el servicio de internet en sus hogares. Esto lo podemos evidenciar que ha sido de un 100% de encuestados y abonados que tienen de una u otra forma el servicio, luego veremos en que forma lo tienen instalado según la pregunta 4.

### **3.5.11 Pregunta 2**

En esta pregunta se hace un análisis de que actividad tiene las personas encuestadas para tener en cuenta como punto en el uso del internet, entre el mayor porcentaje de 47,22% se dedican a estudiar, el 41,67% trabajan y el 11,11% se dedican a otras actividades. En las siguientes preguntas más concretas de cada servicio que tienen contratado.

### **3.5.12 Pregunta 3**

En esta pregunta se indaga si los encuestados están dispuestos a contratar el servicio de internet a través de fibra óptica, siendo el 88,89% quienes estarían dispuestas a contratar este tipo

de servicio, y el 11,11% que no, esto se verá reflejado en la pregunta 4 también por las respuestas.

### **3.5.13 Pregunta 4**

En esta pregunta, viene referencias de la pregunta 1 y 3, ya que las respuestas de los encuestados son abonados entre los cuales el 22,22% ya poseen un servicio por fibra óptica, otros en un 52,78% tienen servicio a través de cable de cobre, el 2,78% por cable coaxial, el 22,22% por antena. Entre estos se encuentran abonados que se encuentran bastantes conformes por su servicio y no estarían muy convencidos de usar fibra óptica, ya sea porque lo tienen contratado o les funciona bien la forma en que están recibiendo su servicio.

### **3.5.14 Pregunta 5**

Continuando en base a la pregunta 4, en esta se trata de las velocidades que tienen contratados los abonados encuestados, contando con la mayoría para la velocidad de bajada entre los 5 Mbps y los 15 Mbps con un 16,67%, la gran mayoría posee de 15 Mbps a 30 Mbps con un porcentaje del 63,89% que sería la mayoría de los usuarios, y con un 19,44% con una velocidad de más de 30 Mbps lo que sería en un segundo lugar. Entonces lo que podemos evidenciar con esta pregunta es que en su gran mayoría para los abonados la velocidad de internet si es muy importante según los planes contratados.

### **3.5.15 Pregunta 6**

En la pregunta 6 se analiza el costo que los encuestados pagan por este tipo de servicio de internet que tienen contratado, y correspondiente a la pregunta 5 según sus planes contratados la gran mayoría con un 63,89% paga de 20 a 30 dólares por sus planes que corresponde entre la velocidad de los 15 a 30 Mbps, seguido por los que cancelan un costo de más de 30 dólares con un 19,44% de aquellos tienen planes de más de 30 Mbps, y los que pagan de 10 a 20 dólares

corresponden a los planes que van de los 5 Mbps a 15 Mbps. Lo que demuestra que tienen un gasto considerable la gran mayoría en el uso del internet y su velocidad que ofrecen otras empresas.

### **3.5.16 Pregunta 7**

Para la pregunta 7 también tiene referencia de la pregunta 5 y los servicios que tienen los encuestados, según estos abonados se les ha preguntado según su criterio que nivel de satisfacción sienten con el servicio que tienen contratado. La gran mayoría con 52,78% aceptan que tienen un servicio Malo, un servicio regular con un 38,89%, y apenas con un 8,33% cuentan con un buen servicio según el criterio de los encuestados, esto en base a las velocidades y el tipo de conexiones que tienen algunos abonados, ya que algunos todavía usan cable o por antena, e incluso algunos de fibra no tienen un buen servicio.

### **3.5.17 Pregunta 8**

La pregunta 8 hace referencia a la actividad que realiza en el uso de internet contratado en su vida diaria. Se ha puesto algunos ejemplos, entre los más comunes, en su gran mayoría con un 61,11% utilizan para Estudios o investigaciones, seguido con un 13,89% para uso de Clases en Línea, en igual manera en dos opciones como el uso de YOUTUBE y servicios streaming o videojuegos cada uno con un 11,11%, y una pequeña parte para el uso de videollamadas con un 2,78% de encuestados. Lo que nos lleva a darnos cuenta de que si usan en sus actividades diarias los abonados encuestados.

### **3.5.18 Pregunta 9**

La pregunta 9 corresponde a que si los encuestados conoce los beneficios de la fibra óptica para tener internet. La gran mayoría no conoce por que tienen contratado hace un tiempo el servicio por cable coaxial o por antenas, o puede ser inclusive por el precio que se les cobra

con el uso de este tipo de servicio, esto se representa con un 52,78%, y en la minoría un 47,22% ya sea porque algunos ya usan el servicio a través de fibra óptica o que ya les habían hablado de los beneficios de este tipo de transmisión para poder tener internet.

### **3.5.19 *Pregunta 10***

La pregunta 10 se refiere al tema de que, si estos encuestados estarían dispuestos a cambiarse sus anchos de banda de planes de internet contratados por un precio similar, pero con mejores prestaciones y soporte, mejores beneficios y la estabilidad que se necesita para un buen servicio. Con un grado de aceptación del 83,33% para el SI de muchas personas que están inconformes con el ancho que se les ha prometido y tienen constantes problemas en el día a día, y solo un 16,67% NO de algunas personas que tal vez ya están pagando por un servicio de banda ancha alto y están satisfechos.

### **3.5.20 *Pregunta 11***

La pregunta 11 hace referencia a que si estos encuestados estarían dispuestos a cambiarse a otro servidor de internet con mejores prestaciones y mejor servicio para la conexión a internet y con costos similares a los que ya está pagando y por el medio de fibra óptica que es la mejor opción hoy en día. Con una aceptación del 86,11% de los encuestados, estos estarían de acuerdo con cambiarse de servidor de internet que le ofrezca mejores beneficios y un mejor servicio a una banda ancha alta, siendo a precios similares a lo que ya están cancelando por un servicio que no les está satisfaciendo como usuarios, ya sea porque no brindan banda ancha, o porque no cumplen con lo que prometen. Y solo un 13,89% no estarían dispuestos a cambiar, ya sea porque tienen hecho un contrato a largo plazo, o porque ya cuentan con fibra óptica y están conformes con ese servicio.

### 3.6 Parámetros para el Diseño de RED XGPON

Se debe tener en cuenta todos aquellos elementos que van a formar parte de la red para la realización del diseño de la red FTTH, con el uso de la tecnología XGPON. A todo esto, no debemos olvidar tomar muy en cuenta la normativa y todos aquellos requerimientos básicos que son necesarios en el diseño, y acompañado de los criterios tecnificados para que esta red sea eficiente para el servicio de los abonados.

#### 3.6.1 *Ubicación que tendrá la red*

El diseño que se propone en este caso se ubica en la comunidad de Chuchuquí de la parroquia Eugenio Espejo, del catón Otavalo perteneciente a la provincia de Imbabura. La delimitación de esta se lo ha realizado mediante Google Earth. En la siguiente figura 60 se observa la delimitación y zonas por donde se planea llevar la red de fibra óptica.

#### **Figura 61:**

*Área delimitada en la zona de Chuchuquí para el diseño de la red de fibra óptica*



Fuente: (Google Earth,2023) Nota: Editado por el autor

### 3.6.2 XGPON Especificaciones para la red

En la recomendación ITU G.9887.1 (UIT-T G.987.1, 2020) entre las características de esta, uno de los más importantes y comerciales es el ancho de banda simétrico. Respecto con esto, en la recomendación técnica se debe utilizar una velocidad con subida y de baja de forma simétrica de 2.5 Gbps. Aunque podemos tomar en cuenta que la velocidad de bajada es mucho mayor, inclusive llegando hasta unos 10 Gbps, y la de subida sin llegar a este punto de velocidad.

A esto, debemos tomar en cuenta otros tipos de parámetros característicos que puede ser por ejemplo longitudes de onda o distancias de transmisión, entre otras cosas. En la siguiente tabla 11 podemos ver especificaciones técnicas de la tecnología XGPON de la norma ITU G.987.1

**Tabla 11**

*Características importantes para considerar en el diseño de la tecnología XGPON según la norma ITU G.987.1 (Especificaciones técnicas).*

Características		Valores XGPON
<b>Máxima</b>	Subida	2.5 Gbps
<b>Velocidad</b>	Bajada	10 Gbps
	<b>Nivel de Spliteo</b>	1:256
<b>Banda de</b>	Subida	1575 a 1580 nm
<b>Longitud</b>		
<b>de Onda</b>	Bajada	1260 a 1280 nm
	Subida	1577 nm

<b>Longitud</b>		
<b>de Onda</b>	Bajada	1270 nm
<b>Central</b>		
<b>Distancia Máxima de transmisión</b>		60 km
<b>Distancia máxima diferencial</b>		20 km a 40 km

---

Fuente: (UIT-T, 2020)

### **3.6.3 Elementos que componen esta red FTTH**

Para el diseño y propuesta que se establece esta red FTTH, la cual trabaja en estándar XGPON, deben existir elementos fundamentales para que esta funcione adecuadamente como vimos anteriormente en la explicación de redes FTTH (Fiber to The Home). En este caso existen elementos pasivos y los elementos pasivos establecidos como vamos a ver a continuación.

#### **3.6.3.1 Elementos Pasivos de la Red**

Se mencionó anteriormente que en las redes PON, estos elementos son necesarios para la trayectoria en la red de fibra óptica y se utilizan en diferentes secciones de la red. A continuación, se presenta una lista de los elementos que se utilizarán en el diseño de esta propuesta.

- ODF
- NAP
- Splitters
- Roseta
- Cables y conectores



### 3.6.3.2 Elementos Activos de la Red

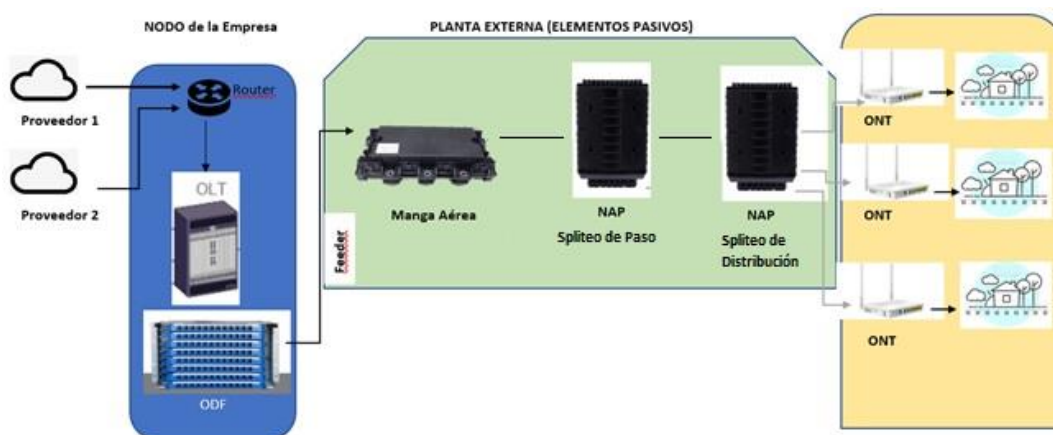
En la red propuesta, estos elementos se ubican en los extremos de la red, ya sea al inicio desde la oficina central o Nodo, hasta el equipo final colocado en el lugar donde se encuentra el usuario final, es decir el cliente.

- OLT
- ONT/ONU

En la figura 62 se puede apreciar la arquitectura de FTTH con estos elementos activos y pasivos descritos con anterioridad:

**Figura 62:**

*Arquitectura que tiene la red FTTH*



Fuente: Autoría Propia

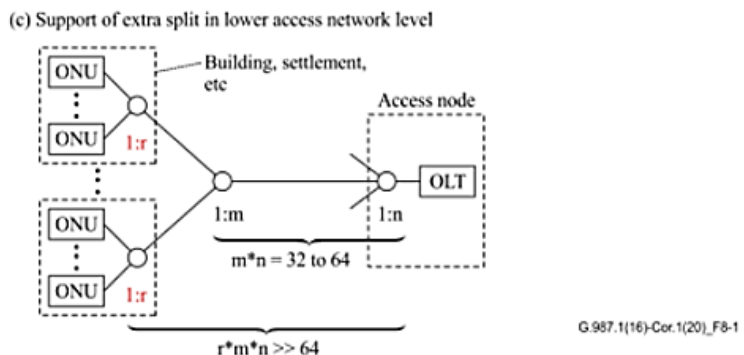
### 3.6.4 Tipo de topología de División Óptica a implementar

Al elegir la topología, es importante tener en cuenta el criterio del splitter como primer punto a considerar. Esto implica tener en cuenta el número de usuarios que tendrá la red. La Unión Internacional de Telecomunicaciones en su Recomendación UIT-T G.987.1 (2020) indica

que es necesario seleccionar cuidadosamente el nivel de splitter o división óptica para asegurar una rentabilidad y madurez en cada dispositivo de la red. Es importante tener en cuenta el alcance máximo que se tendrá y considerar el aumento del presupuesto óptico y una división superior en la capa física. Se utilizará una topología de nivel 2 de splitteo adicional para el usuario final. Como se puede ver en la figura 63, se muestra la topología de división óptica que se utilizará, en la cual se define que el número total de abonados debe ser mayor a 64, teniendo en cuenta el número de hilos de fibra que se trabajarán en la OLT y el nivel de splitteo en cada NAP.

### Figura 63

*Topología división óptica adicional en el nivel de red de acceso inferior*



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

La recomendación UIT-T G.987.2, según lo indicado por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (2020), señala que al utilizar arquitecturas en estrella y debido a la falta de niveles de división óptica, se producen pérdidas de potencia inferiores a 5 dB. Como resultado, se deben colocar atenuadores tanto en las redes de distribución como en las de dispersión para

garantizar una potencia mínima del canal y evitar dañar los receptores ópticos debido a altas potencias.

Como se ha mencionado anteriormente, la topología tendrá 2 niveles de splitteo, donde el primer nivel será de 1:4 y el segundo de 1:16. Cada hilo de fibra óptica que sale de la OLT abastecerá a 64 abonados, que es la cantidad mínima de líneas ópticas que se pueden tener según la normativa UIT-T G.987.1.

De este modo, el primer criterio de diseño aborda los niveles de splitteo finales que se utilizarán para el diseño de la red de fibra óptica. Como se indica en la topología, se utilizarán dos niveles de división óptica, el primer nivel con un splitteo de 1:4 y el segundo nivel con un splitteo de 1:16. Esto significa que cada hilo de fibra óptica que sale de la OLT proporcionará cobertura a 64 abonados, que es la cantidad mínima de líneas ópticas que la normativa UIT-T G.987.1 indica. La ecuación 8 muestra el número total de hilos de fibra óptica que se utilizarán en los puertos PON de la OLT. Con este análisis, lo óptimo es utilizar 4 hilos de fibra óptica, teniendo en cuenta la expansión futura de la red y una reserva de abonados, como se indica en la normativa UIT-T G.987.2. Por lo tanto, en la ecuación 9 se indica que se dispondrá de un total de 256 abonados.

**Ecuación 8**       $\# \text{ Hilos de F. O.} = \frac{\# \text{ de abonados totales}}{\text{mínimo de líneas ópticas}}$

$$\# \text{ Hilos de F. O.} = \frac{108}{64}$$

$$\# \text{ Hilos de F. O.} = 1,68 \cong 2$$

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

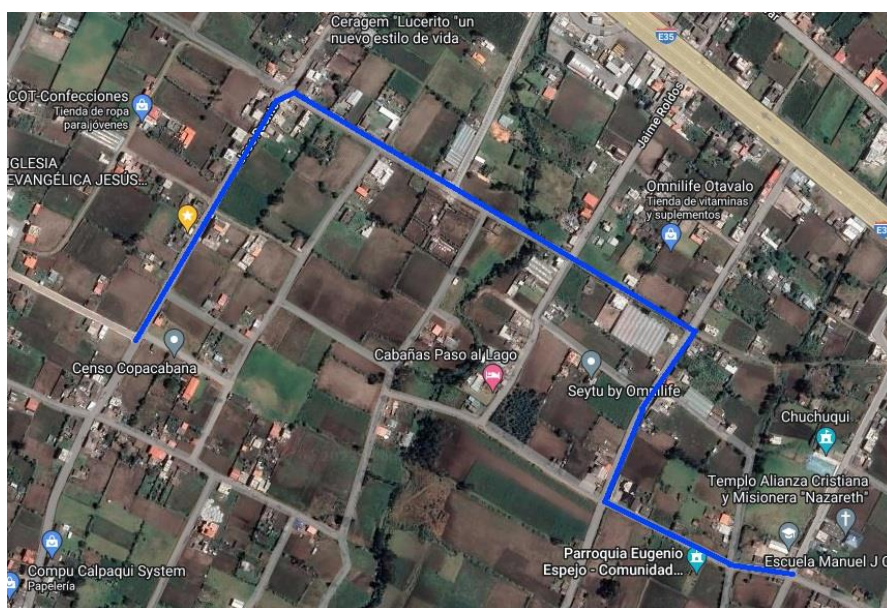
$$\# \text{ líneas ópticas} = 4 * 4 * 16$$

**Ecuación 9**

$$\#líneas \text{ ópticas} = 256$$

**3.6.5 Criterio ubicación de OLT**

En el diseño de la red, la ubicación de los dispositivos de red es un factor importante. En una red FTTH, el primer nivel de ubicación es el sector donde se colocará la OLT. A la hora de elegir el lugar para ubicarla, se deben tener en cuenta el número de equipos que se utilizarán y el número de clientes a los que se brindará servicio. En la red de la empresa, esto es a través de su nodo según se ha indicado antes cerca del sector de la comunidad Chuchuquí. Es por eso que se tiene colocado en el nodo la OLT, se indicará a continuación en la siguiente figura 64, y es por eso que es el sitio indicado para tener la OLT ya que se tiene un tramo de red ya instalado hacia otra comunidad cercana (Censo Copacabana Alto). A continuación, se puede observar en Google Earth la trayectoria de la línea de Feeder en la comunidad Chuchuquí.

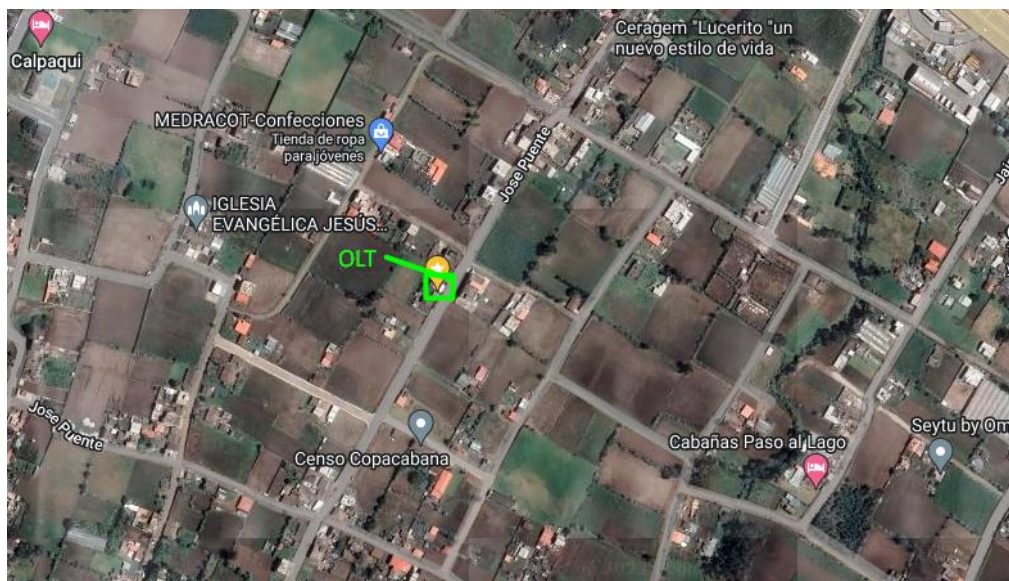
**Figura 64:***Red Feeder en herramienta Red FTTH*

Fuente: (Google Earth, 2023) Nota: Editada por Autor

En La figura 61 pudimos observar la zona en la que se busca brindar cobertura para el diseño de la expansión. Según la recomendación ITU (ITU-T G.987.2, 2016), es importante llegar a un nivel de sensibilidad adecuado para el usuario final, y también es crucial garantizar la seguridad ocular de los usuarios. Ambos factores requieren que el usuario final reciba una determinada potencia óptica para el correcto funcionamiento del receptor óptico. Por lo tanto, colocar un cliente muy cerca de la OLT no es viable debido a que recibiría una potencia óptica demasiado alta y se tendría que utilizar atenuadores ópticos. La mejor solución para este caso entonces sería colocar la OLT en un lugar adecuado, en una zona donde esté correctamente colocado, pero que tenga el potencial para crecimiento a futuro llegando a más zonas. Con base en esto, se ha decidido ubicar la OLT según esta realizado la instalación del nodo de la empresa, lo cual se observará en la siguiente figura 65.

### Figura 65:

*Ubicación de OLT en el nodo de la empresa, cerca de Censo Copacabana*



Fuente: Google Earth, Nota: Editada por Autor

### **3.6.6 *Ubicación de los NAP de primer nivel***

Según lo que se ha venido estableciendo con anterioridad, se fija un cable de 2 hilos que sale en este caso de la OLT, por lo que existirán 4 NAPs de primer nivel. Estos se los ubicará por la zona delimitada. Que luego de estos se tendrá 4 NAPs de segundo nivel por cada NAP de primer nivel, lo que nos daría un total de 16 NAPs secundarios para cubrir la zona delimitada.

### **3.6.7 *Cable de Fibra Óptica para la red***

Una vez diseñada la arquitectura de la red FTTH, es importante elegir el tipo de cable de fibra óptica que sea adecuado a la situación. La elección debe siempre basarse en las características recomendadas por la normativa de la ITU. Uno de los puntos importantes, es siempre tener en cuenta que en la arquitectura de la red FTTH hay tres niveles de red, desde la OLT hasta la ONT que llega al usuario, por lo que se recomienda utilizar diferentes tipos de cables de fibra óptica según su posición en la red PON y en los equipos activos. Siguiendo la recomendación de la ITU (ITU-T G.987.2, 2016) para una red XG-PON, es recomendable utilizar una fibra que cumpla con la norma ITU (ITU-T G.652, 2016) para las redes que cubran una extensión de 20 o 40 km. Para la red de acceso, se recomienda utilizar una fibra que cumpla con la recomendación (ITU-T G.657, 2016). Es por esto que, para el diseño de esta red se utilizarán estos dos tipos de recomendaciones, tanto para la red interna pasiva como para la red de acceso FTTH, ITU G.652 e ITU G.657, y se estudiarán las características de las derivaciones de estas recomendaciones.

#### **3.6.7.1 La Recomendación ITU-T G.657A**

La recomendación que se sugiere para la red de acceso tiene valores y atributos específicos y se encuentra cercana al usuario final. Además, es compatible con la norma ITU-T G.652D en cuanto a las características que proporcionan un marco de diseño esencial para la

fabricación de fibra, el diseño del sistema y su uso en redes de planta exterior, oficinas de telecomunicaciones, locales de clientes en edificios de apartamentos y viviendas. Las características de comportamiento de esta norma se describen en la tabla 12.

**Tabla 12**

*Características para un cable de fibra óptica según la norma UIT-T G.657.A*

<b>Atributos de Fibra</b>			
<b>Característica</b>	<b>Detalle</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
	Longitud de onda	1310	nm
<b>Diámetro de campo nodal</b>	Rango de valores nominales	8.6 – 9.2	μm
	Tolerancia	± 0.4	μm
<b>Diámetro de revestimiento</b>	Nominal	125.0	
	Tolerancia	± 0.7	μm
<b>Concentricidad de núcleo error</b>	Máximo	0.5	μm
<b>No circularidad del revestimiento</b>	Máximo	1.0	%

<b>Longitud de onda de corte del cable</b>	Máximo	1260					nm
		<b>ITU-T G.657.A1</b>			<b>ITU-T G.657.A2</b>		
	Radio	15	10	15	10	7.5	nm
<b>Pérdida por macro flexión de fibra sin tapar</b>	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
<b>ITU-T G.657 categoría A</b>							
<b>Tensión de prueba</b>	Mínimo	0.69					GPa
<b>Parámetro de dispersión cromática</b>	$\lambda_0 \min$	1300					nm
	$\lambda_0 \max$	1324					ps/(nm <sup>2</sup> x km)
<b>Ajuste Sellmeier de 3 términos (1260 nm a 1460 nm)</b>	$S_0 \min$	0.073					ps/(nm <sup>2</sup> x km)
	$S_0 \max$	0.092					ps/(nm <sup>2</sup> x km)
	Min a 1550 nm	13.3					ps/(nm x km)



<b>Ajuste lineal (1460 nm a 1625)</b>	Max a	18.6	ps/(nm x
	1550 nm		km)
	Min a	17.2	ps/(nm x
	1625 nm		km)
	Max a	23.7	ps/(nm x
	1625 nm		km)

---

#### Atributos de cable

---

Característica	Detalle	Valor	Unidad
<b>Coefficiente de atenuación</b>	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 nm a 1565 nm	0.30	dB/km
<b>Coefficiente PMD</b>	M	20	Cables
	Q	0.01	%
	Máximo PDM <sub>Q</sub>	0.20	ps/km <sup>1/2</sup>

Fuente: (ITU-T , 2016)

Para la tabla 12 debemos tomar en cuenta que las fibras UIT-T G.652 desplegadas para un radio de 15 mm por lo general pueden tener pérdidas por macroflexión de varios dB por 10 vueltas a 1625 nm. Además, la región de longitud de onda podría ampliarse a 1260 nm añadiendo 0,07 dB.

#### 3.6.7.2 La Recomendación ITU-T G.652D

La recomendación presentada describe una fibra óptica y un cable que tienen una longitud de onda de dispersión cero cercana a 1310 nm y se pueden utilizar en las regiones de

1310 nm y 1550 nm. Estos han sido diseñados para ser utilizados en redes principales o para troncales. En la siguiente tabla 13 se presentan las características técnicas de los cables que cumplen con la norma ITU.

**Tabla 13**

*Características que presenta un cable de fibra óptica según la norma UIT-T G.652.D*

<b>Atributos de Fibra</b>			
<b>Característica</b>	<b>Detalle</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
<b>Diámetro de campo nodal</b>	Longitud de onda	1310	nm
	Rango de valores nominales	8.6-9.2	μm
	Tolerancia	±0.4	μm
<b>Diámetro de revestimiento</b>	Nominal	125.0	μm
	Tolerancia	±0.7	μm
<b>Concentricidad de núcleo error</b>	Máximo	0.6	μm
<b>No circularidad del revestimiento</b>	Máximo	1.0	%
<b>Longitud de onda de corte del cable</b>	Máximo	1260	nm
<b>Pérdida por macro flexión</b>	Radio	30	Mm
	Número de vueltas	100	
	Max a 1625 nm	0.1	dB
<b>Tensión de prueba</b>	Mínimo	0.69	GPa
	$\lambda_0$ min	1300	nm

<b>Parámetro de</b>	$\lambda_0 max$	1324	nm
<b>dispersión cromática</b>	$S_0 min$	0.073	ps/(nm <sup>2</sup> x km)
<b>Ajuste Sellmeier de</b>		0.092	ps/(nm <sup>2</sup> x km)
<b>3 términos (1260 nm</b>	$S_0 max$		
<b>a 1460 nm)</b>			
	Min a 1550 nm	13.3	ps/(nm x km)
<b>Ajuste lineal (1460</b>	Max a 1550 nm	18.6	ps/(nm x km)
<b>nm a 1625 nm)</b>	Min a 1625 nm	17.2	ps/(nm x km)
	Max a 1625 nm	23.7	ps/(nm x km)
<b>Atributos de cable</b>			
<b>Característica</b>	<b>Detalle</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
	Máximo de 1310 nm a 1625 nm	0.40	dB/km
<b>Coefficiente de</b>	Máximo a 1383 nm +/-3 nm		
<b>atenuación</b>	después del envejecimiento con	0.40	dB/km
	hidrógeno		
	Máximo a 1530 nm a 1565 nm	0.30	dB/km
	M	20	Cables
<b>Coefficiente PMD</b>	Q	0.01	%
	Máximo PDM <sub>Q</sub>	0.20	ps/km <sup>1/2</sup>

*Nota:* En la longitud de onda se puede ampliar a 1260 nm agregando una pérdida adicional de 0,07 dB/km debido a la dispersión de Rayleigh inducida al valor de atenuación en 1310 nm. Fuente: (ITU-T G.652, 2016)(ITU-T, 2016b)

Al elegir los parámetros adecuados para un cable de fibra óptica, se establece un criterio de diseño que se aplicará en la red utilizando cables que cumplan con las recomendaciones ITU-

T G.652 e ITU-T G.657. En particular, se utilizará la categoría ITU-T G.652.D en la recomendación ITU-T G.652 y la categoría ITU-T G.657.A en la recomendación ITU-T G.657. Cada una de estas categorías se utilizará en un segmento de red específico, ya sea para la red de feeder/troncal o para la red de acceso que va hacia el usuario final/cliente.

### **3.6.8 *Presupuestos de Potencia y Pérdida Óptica***

El presupuesto de potencia y la pérdida óptica son fundamentales en el diseño de redes de fibra óptica, aunque son dos conceptos diferentes, están relacionados conceptual y matemáticamente. Es importante tener en cuenta los cálculos matemáticos y el análisis de potencias que se emiten desde la OLT hasta la ONU para garantizar un funcionamiento adecuado. Primero se definirá el presupuesto de potencia óptica, luego se definirá la pérdida de potencia óptica y finalmente se realizará el cálculo y análisis matemático.

#### **3.6.8.1 Interpretación del Presupuesto de Potencia Óptica**

Podemos decir que es la diferencia entre la potencia lumínica emitida por el emisor y la potencia lumínica percibida por el receptor. O, dicho de otra forma, es la diferencia en la potencia lumínica que parte desde la OLT y la potencia lumínica percibida por la ONU. Esta diferencia de potencia lumínica representa la máxima pérdida que puede existir.

#### **3.6.8.2 Interpretación de la Pérdida de Potencia Óptica**

La pérdida de potencia óptica representa la cantidad de potencia lumínica que se pierde a través de toda la red óptica, desde la OLT hasta la ONU, pasando por los diferentes equipos pasivos de la red, como atenuadores, empalmes, cable de fibra óptica, entre otros elementos. A lo que, resumiendo, se basa en la suma de todas las atenuaciones que el haz lumínico debe atravesar para llegar al cliente final. Una vez comprendidos los conceptos de presupuesto y pérdida de potencia, se procede a calcular el presupuesto de potencia óptica que la red a diseñar puede

tolerar, basado en la Unión Internacional de Telecomunicaciones - Recomendación UIT-T G.987.2 (2020), donde se detallan todas las especificaciones técnicas de los equipos de OLT y ONU para un óptimo funcionamiento de toda la red óptica de fibra óptica.

### **3.6.9 Descripciones de Capa Dependiente de los Medios Físicos (PMD)**

En la sección 9.2 de la Unión Internacional de Telecomunicaciones - Recomendación UIT-T G.987.2 (2020), está descrito los requisitos de la capa física empleados en la tecnología XG-PON, asimismo en la parte 9.2.6 se especifican los diferentes parámetros PMD de esta tecnología, lo que facilita el cálculo del presupuesto de potencia óptico y las pérdidas de potencia. En este apartado se detallan dos aspectos importantes, los parámetros físicos de una simple ODN y los parámetros de las interfaces ópticas de transmisor OLT y receptor ONU.

#### **3.6.9.1 Los parámetros Físicos de una ODN Simple.**

La norma específica que los rangos de atenuación para la pérdida de potencia normalizada, se debe tener en cuenta la tecnología con la que se va a trabajar, en este caso XG-PON, para el diseño propuesto. Los rangos de atenuación se dividen en 5 clases diferentes de pérdida de potencia óptica como se podrá ver en la tabla 14 a continuación. Para un mejor entendimiento, se puede tomar como ejemplo lo que suele utilizar G-PON, donde la clase utilizada es B+ con una pérdida de potencia máxima de 28 dB y una mínima de 13 dB.

**Tabla 14**

*Rangos de la atenuación por clases en G-PON*

<b>Rangos de atenuación para G-PON</b>		
<b>Clases</b>	<b>Pérdida de potencia óptica</b>	<b>Unidad</b>
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)

Asimismo, para la tecnología XG-PON existen 4 clases que indican los diferentes rangos de atenuación para la pérdida de potencia normalizada, estas son nominal 1, nominal 2, extendida1, extendida2, que se pueden ver en la tabla 15. Estas clases se detallan en la recomendación UIT-T G.987.2, donde se explica que cada clase hace referencia al ancho de banda que posee XG-PON, que a su vez se divide en dos: XG-PON1, con velocidades de upstream y downstream asimétricas (nominal 1), y XG-PON2, con velocidades de upstream y downstream simétricas (nominal 2). Las clases extendidas se refieren a subcategorías de XG-PON, diferenciándose por el margen de atenuación para el diseño de redes que sean más extensas.

**Tabla 15**

*Rangos de atenuación para tecnología XG-PON*

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

---

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

### 3.6.9.2 Parámetros para las interfaces ópticas

Las interfaces ópticas tanto de la OLT como de la ONU tienen rangos de atenuación dependiendo de la clase en la que se encuentren para la tecnología XG-PON, de esta manera se pueden conocer las potencias mínimas y máximas de cada equipo. La siguiente tabla 16 nos permite observar las potencias máximas y mínimas para cada una de las clases.

**Tabla 16**

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

Potencias transmitidas de OLT y recibidas de ONU								
Clases		N1	N2		E1	E2		Unidad
Subclases		-	N2a	N2b	-	E2a	E2b	dBm
<b>Transmisor</b>	Potencia							
	mínima	+2.0	+4.0	+10.5	+6	+8	+14.5	dBm
<b>OLT</b>	Potencia							
	máxima	+6.0	+8.0	+12.5	+10	+12	+16.5	dBm
<b>Receptor</b>	Sensibilidad							
	mínima	-28.0	-28.0	-21.5	-28.0	-28.0	-21.5	dBm
<b>ONU</b>	Sobrecarga							
	mínima	-9.0	-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 conocidos los rangos de atenuación de las diferentes clases y también los picos mínimos y máximos de OLT y ONU según la recomendación UIT-T G.987.2, se procede a realizar un análisis matemático para determinar tanto la pérdida óptica como el presupuesto de potencia de la red.

Al utilizar la subcategoría XG-PON 1 según la recomendación UIT-T G.987.2, se indica que se ajusta a la clase N1 de los rangos de atenuación expuestos anteriormente, con umbrales máximos y mínimos de pérdida de potencia óptica entre 14dBm y 29 dBm, y para los valores de transmisión, el emisor tendría una potencia máxima de +6 dBm y el receptor una sensibilidad máxima de -28 dBm.

Luego al saber los valores en sí máximos y mínimos, se puede tener claramente cuál será el presupuesto de potencia y de pérdida óptica que va a estar dentro del diseño de la red, según la normativa establece que los rangos máximos de las pérdidas permitidos y que van a ser tolerados dentro de la red, con lo que tenemos que tener en cuenta a través de donde pasará el haz lumínico y aquellas atenuaciones que sufre que afectan la potencia como pueden ser: empalmes, conectores, atenuadores ópticos y otro tipo de equipos pasivos, para asegurar que no se sobrepase el presupuesto de potencia óptica que se tiene.

### **3.6.10 Cálculo de Presupuesto de Potencia Óptico**

Como se ha mencionado hace poco, el cálculo matemático para determinar el presupuesto de potencia está basado en la diferencia entre la potencia máxima emitida por la OLT y el nivel mínimo de sensibilidad de la ONU. El cálculo se realiza mediante la ecuación [10], que consiste en sumar la potencia máxima del transmisor y la sensibilidad del receptor, lo que da un valor total de 34 dB.

**Ecuación 10**

$$PP = P_{maxTx} - S_{rx}$$

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

$$PP = 34 \text{ dB}$$

En la ecuación 10 tenemos los siguientes elementos:



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

### 3.6.10.1 Cálculo de Pérdida de Potencia Óptica

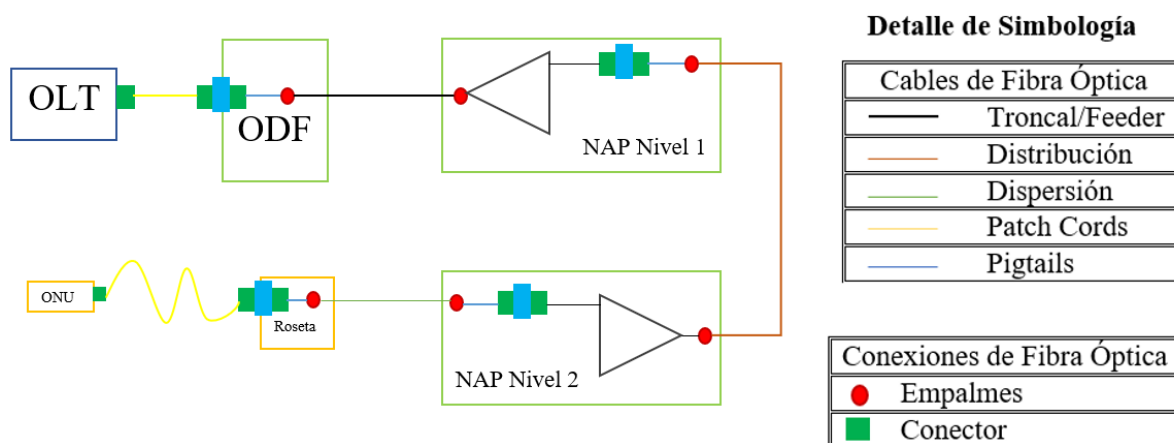
Para calcular matemáticamente la atenuación total en una red óptica según la recomendación de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT-T) G.652 (2016), se utiliza la ecuación 11.

**Ecuación 11** 
$$A = \alpha * L + \alpha_s * x + \alpha_c * y + \alpha_n * z$$

En la cual corresponden:

- 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 relación con el análisis matemático, se determina el cálculo de las atenuaciones o reducciones de potencia en el camino del haz de luz desde la OLT hasta la ONU, según se ilustra en la figura 66, que muestra la estructura de la red de fibra óptica.

**Figura 66:***Arquitectura de la red de fibra óptica*

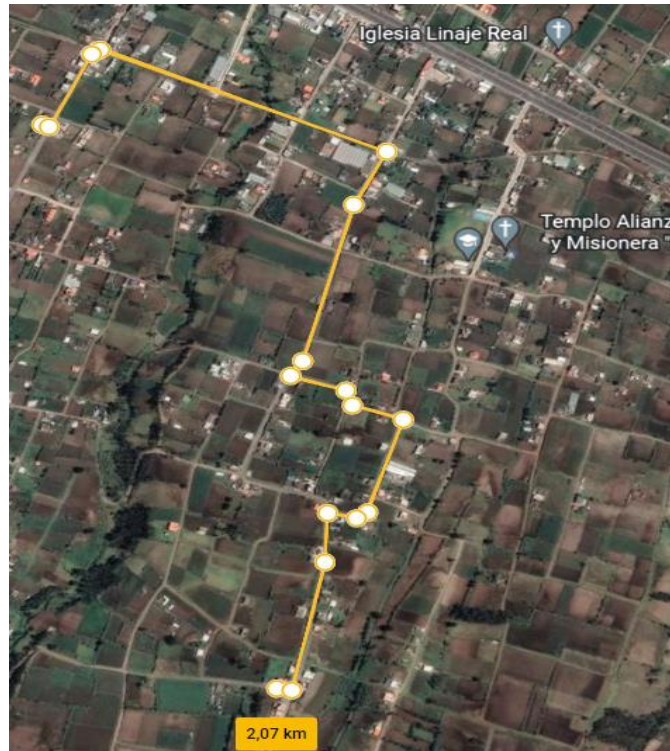
Fuente: Autor

### 3.6.10.2 Atenuación por la Longitud de la Fibra Óptica

Este tipo de pérdida se presenta en general por la longitud de onda utilizada por el cable de fibra óptica suele causar una pérdida de señal. Es necesario analizar esta atenuación teniendo en cuenta las distancias más largas desde la OLT hasta la ONU. En el apartado 3.6.5 se especifica dónde se encuentra la OLT (mostrado en la figura 65) y las figuras a continuación muestran las distancias máximas desde la OLT hacia los clientes más lejanos para la zona.

**Figura 67:**

*Primera Distancia del cliente más lejano en la zona de la comunidad Chuchuqui entre el OLT y el Cliente*



*Nota:* La distancia que podemos ver a este cliente es de 2,07 km tomando la medida desde la OLT hasta el posible cliente más lejano. Fuente (Google Earth, 2023) Modificado:

Autor

En este caso podemos ver en esta figura que en dirección al sureste de donde está ubicado la OLT existe un cliente lejano a una distancia de 2,07 km, ahora se debe analizar otro posible cliente lejano para hacer una comparación.



Ahora que tenemos estas dos medidas, analizamos cual es la que está más lejana en realidad de la OLT para nuestra red, y podemos concluir que la distancia de 2,07 km es la más lejana de la ubicación de la OLT. También teniendo en cuenta que en la empresa se tiene ya el nodo con la OLT, en este caso el cliente más cercano se encuentra a 0.03 km de distancia que ya tiene contratado el servicio con la empresa. Estos valores que tenemos nos servirán para ahora continuar con los cálculos.

Sabiendo esto, tomamos de la ecuación 11, los términos en función de atenuación, que resulta de calcular el producto del coeficiente de atenuación y la distancia que tiene la fibra óptica, con el uso de cable de categoría G.652.D, tenemos un valor de 0,47 dB/km. Por tanto, en la siguiente ecuación 12 podemos observar la atenuación del abonado más lejano, y en la ecuación 13, nos muestra la atenuación hacia el cliente más cercano.

**Ecuación 12**

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

$$Ad = 0.47 \frac{dB}{km} * 2.07km$$

$$Ad = 0.97\ dB$$

**Ecuación 13**

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

$$Ad = 0.47 \frac{dB}{km} * 0.3km$$

$$Ad = 0.141\ dB$$

### 3.6.10.3 Atenuación de conexión por empalmes

Las fusiones de los cables de fibra óptica en la red pueden causar atenuación, independientemente de si se realizan en patch cords, pigtails u otros dispositivos. Según la Unión Internacional de Telecomunicaciones, estos valores de atenuación tienen rangos medios y

máximos que van desde los 1260 nm hasta los 1625 nm. En la tabla 17 se pueden ver estos valores de atenuación. Para tener un cálculo matemático más preciso, se utiliza la atenuación máxima recomendada de 0,2 dB por empalme.

**Tabla 17**

*Rangos de atenuación de empalmes de fibra óptica*

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

Fuente: (Unión Internacional de Telecomunicaciones - Recomendación UIT-T L.12, 2022)

De acuerdo con la figura 62, hay un total de 4 fusiones en el trayecto de la red. Utilizando la ecuación 11, se calcula la atenuación total basándose en el producto entre la cantidad de fusiones ópticas y la atenuación de cada una. Esto da como resultado la atenuación de los empalmes, representada por el símbolo  $A_e$ . En la ecuación 14 se presenta la atenuación total.

**Ecuación 14**

$$A_e = \alpha_s * x$$

$$A_e = 0,2 \text{ dB} * 6$$

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

#### **3.6.10.4 Atenuación de la conexión por conectores**

La Unión Internacional de Telecomunicaciones clasifica las pérdidas de inserción de elementos pasivos como un tipo de atenuación causada por conectores. Según la Recomendación UIT-T L.36 (2015), estas pérdidas se clasifican en grados, desde el (Grado A) como el más ideal hasta el peor caso (Grado D). El diseño se utilizará el Grado C, el cual indica una atenuación

máxima de 0.5 dB que es el grado más utilizado ya que el Grado A aún no está definido. En la tabla 18 se pueden ver los diferentes grados de atenuación por conectores.

**Tabla 18**

*Grados de atenuación y sus rangos medios y máximos de pérdida de potencia*

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

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

En el esquema de la figura 66 podemos observar que se utilizan 8 conexiones por conectores dentro de la red, y para calcular las atenuaciones, se debe expresar con término de la ecuación 11. Lo que se realiza es el producto de la cantidad de conectores y del conector óptico que se tiene, llegando a la ecuación 15 que nos dará el resultado de la atenuación total que producen los conectores.

$$A_c = \alpha_s * x$$

$$A_c = 0.5 * 10$$

**Ecuación 15**

$$A_c = 5dB$$

**3.6.10.5 Atenuación causada por los Splitters**

La atenuación en las líneas de fibra óptica es causada por las ramificaciones de las líneas, considerando la atenuación en cada hilo de fibra óptica debido a las diferentes divisiones de las líneas ópticas. Según la Unión Internacional de Telecomunicaciones - Recomendación UIT-T G.671 (2019), el número de puertos de entrada debe cumplir con la condición de  $X=2n$ , donde  $n$  varía de 1 a 6 y  $X$  es el número de puertos de entrada, y donde  $n$  puede ser 1 o 2 teniendo un número total de puertos para la salida de  $X= 2, 4, 8, 16, 32$  o  $64$ .

En la figura 66 se muestra la división óptica de la red, con dos niveles de splitteo, el primero con 4 splitters que consta de una división de 1:4 y el segundo con 16 splitters con división óptica de 16. La tabla 19 detalla las atenuaciones para cada ramificación óptica, trabajando con una atenuación de 7.4 dB y 14.1 dB para cada nivel.

**Tabla 19**

*Atenuaciones para cada nivel de división óptica*

<b>Perdidas por inserción en divisores ópticos</b>				
<b>N</b>	<b>X</b>	<b>Min IL</b>	<b>Max IL</b>	<b>Unidad</b>
<b>1</b>	2	2.8	3.0	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
<b>2</b>	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 conoce la atenuación para cada nivel de splitteo, se procede a calcular la atenuación total relacionada con el uso de elementos pasivos. La Ecuación 11 indica que la atenuación total de los splitters es el resultado de multiplicar la cantidad de splitters y el nivel de división óptica desde la OLT hasta la ONU. La Ecuación 16 proporciona el total de atenuación causada por el splitteo.

**Ecuación 16**

$$As = \alpha_n * z$$

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

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

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

**3.6.10.6 Margen de Atenuación o Margen de Guarda**

Es necesario tener un margen de seguridad para proteger la red óptica contra el deterioro o desperdicio causado por el tiempo o las condiciones ambientales. Este margen es de 3 dB, que se resta del presupuesto total de pérdida óptica en el enlace de fibra óptica. De esta manera, se obtiene el presupuesto de potencia óptica necesario para garantizar un buen funcionamiento de la red.

### 3.6.10.7 Relación y Cálculo del Presupuesto de Pérdida Óptica + el Margen de Atenuación

La Unión Internacional de Telecomunicaciones - Recomendación UIT-T G.652 (2016) indica que para obtener el margen de atenuación se utiliza la Ecuación 11, considerando todas las pérdidas de potencia óptica en la red, como son las atenuaciones por empalmes, atenuaciones de fibra óptica, atenuaciones de splitters y atenuaciones por conectores ópticos.

Con esto se puede calcular la atenuación total en la red tanto para el abonado más cercano como para el abonado más lejano, sumando todas las atenuaciones calculadas anteriormente. Este valor debe ser menor a 29 dB, ya que es la atenuación máxima permitida en una red con tecnología XG-PON1.

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

De donde:

- At= Atenuación total
- Ad= Atenuación de fibra óptica
- Ae= Atenuación de empalme
- Ac= Atenuación de conectores
- As = Atenuación de splitters

En la siguiente Ecuación 17 se indica la atenuación total que se ha calculado para el cliente más lejano

**Ecuación 17**  $At_{cli \text{ lejano}} = Ad + Ae + Ac + As \leq 29dB$

$$At_{cli \text{ lejano}} = 0.97dB + 1.2 \text{ dB} + 5 \text{ dB} + 21.5dB \leq 29dB$$

$$At_{cli\ lejano} = 28.67\ dB \leq 29\ dB$$

En la siguiente Ecuación 18 se indica la atenuación total que se ha calculado para el cliente más cercano

**Ecuación 18**

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

$$At_{cli\ cercano} = 0.141\ dB + 1.2\ dB + 5\ dB + 21.5\ dB \leq 29\ dB$$

$$At_{cli\ cercano} = 27.841\ dB \leq 29\ dB$$

Una vez se han calculado los valores de atenuación para ambos clientes, sumando todos los componentes de la red óptica y asegurando que dichos valores sean menores a 29 dB, que es el valor máximo permitido para la tecnología XG-PON1, se agrega el margen de pérdida o atenuación de guarda. La Ecuación 19 muestra a este valor más el margen de atenuación que esta descrito en el apartado 3.6.10.6, cuyo valor es de 3dB. El valor de esta suma deberá cumplir con que sea menor al presupuesto de potencia óptico, establecido en la Ecuación 10, el cual es de máximo 34 dB.

**Ecuación 19**

$$At_{cli\ lejano+margen} = 28.67\ dB + 3\ dB \leq 34$$

$$At_{cli\ lejano+margen} = 31.67\ dB \leq 34$$

Ahora realizaremos el mismo tipo de cálculo en la Ecuación 20, pero esta vez para el cliente más cercano con los valores que hemos calculado en la Ecuación 18.

**Ecuación 20**

$$At_{cli\ cercano+margen} = 27.841\ dB + 3\ dB \leq 34$$

$$At_{cli\ cercano+margen} = 30.841\ dB \leq 34$$

### 3.6.10.8 Potencia Recibida en el Receptor Óptico

La ONU debe operar con un nivel de potencia adecuado para su correcto funcionamiento. Para ello, se debe analizar y calcular la potencia que llega desde la OLT a la ONU, tanto para el cliente más lejano como para el cliente más cercano. La normativa UIT-T G.987.2 establece que se debe tomar en cuenta el presupuesto de potencia óptica, que es igual a la diferencia entre la potencia máxima emitida en la OLT y la potencia mínima recibida en la ONU.

Entonces, en la Ecuación 21 se puede observar la potencia más lejana de recepción de la ONU, con una igualdad con la Ecuación 19

$$\text{Cálculo cliente más lejano} \rightarrow 31.67 \text{ dB} = 34 \text{ dB}$$

$$31.67 \text{ dB} = PP$$

$$31.67 \text{ dB} = P_{maxTx} - S_{RX}$$

$$S_{RX} = P_{maxTx} - 31.67 \text{ dB}$$

$$S_{RX} = 6 \text{ dB} - 31.67 \text{ dB}$$

#### Ecuación 21

$$S_{RX} = -25.67 \text{ dB}$$

Lo mismo realizaremos para el cliente más cercano en la Ecuación 22, se observa la potencia más cercana de recepción de la ONU, realizando una igualdad con la Ecuación 20.

$$\text{Cálculo cliente más cercano} \rightarrow 30.841 \text{ dB} = 34 \text{ dB}$$

$$30.841 \text{ dB} = PP$$

$$30.841 \text{ dB} = P_{maxTx} - S_{RX}$$

$$S_{RX} = P_{maxTx} - 30.841 \text{ dB}$$

$$S_{RX} = 6 \text{ dB} - 30.841 \text{ dB}$$

**Ecuación 22**

$$S_{RX} = -24.841 \text{ dB}$$

Con esto concluimos que las Ecuaciones tanto 21 como 22, la potencia percibida por el receptor está en el rango aceptable en el que exista una comunicación desde la OLT a la ONU, ya que estos valores están en los umbrales que va desde los -8 dBm hasta -28 dBm, en este caso de la tecnología XGPON1.

### 3.7 Diseño de la Red XGPON

En el diseño de la red FTTH se utilizará un software para visualizar el diseño final de la red, que incluirá los diferentes elementos que conforman la ODN, como las líneas de fibra troncal, distribución y dispersión, NAPs de primer y segundo nivel. Todo esto se hará cumpliendo con los criterios de diseño previamente mencionados y respetando los tres tipos de red de acceso que establece la norma ITU (ITU-T G.987.1, 2016).

#### 3.7.1 Red FTTH software de diseño de la red

El software que se ha utilizado para describir el diseño de la red es una plataforma 100% en línea, es decir, no requiere de descargar e instalar archivos en ningún sistema operativo, su uso se realiza a través de un navegador. Según el creador, permite construir una red de fibra óptica mediante el diseño de la red pasiva, y almacena los diseños en la nube, accesible mediante un usuario y contraseña registrado. (RedFtth, 2023) Además, el desarrollador proporciona información en su sitio web sobre las características y herramientas disponibles en su licencia.

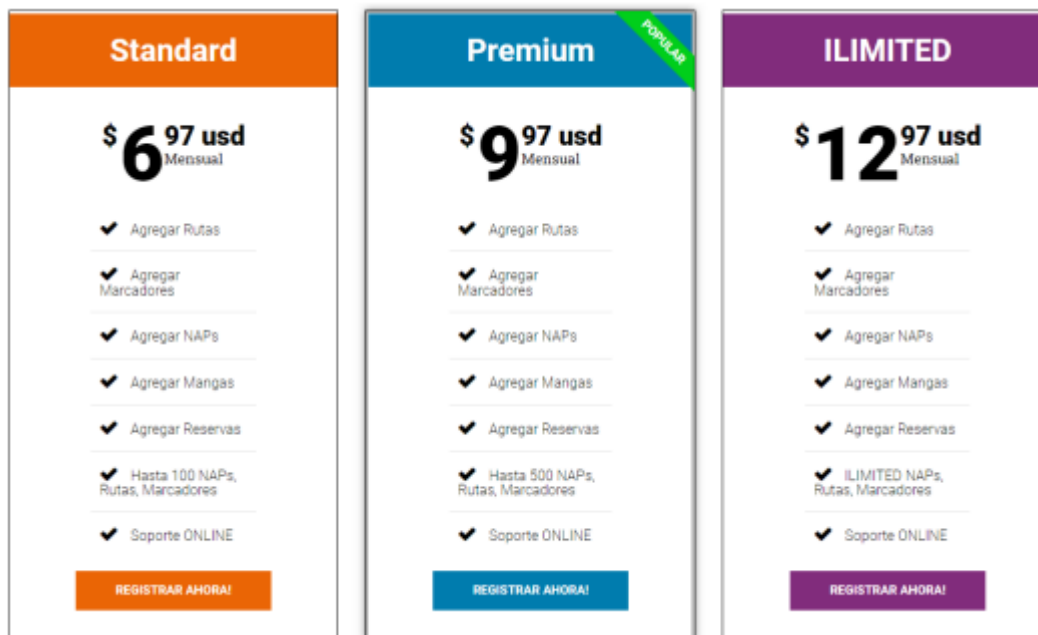
- **Administración Amigable:** Se puede acceder de inmediato a tener el control total de toda tu red FTTH desde tu PC o Móvil.

- **Agregar Rutas:** Permite agregar las Rutas exactamente por donde tu deseas ir con la fibra óptica y sabrás cuantos metros necesitas para la realización de tu proyecto.
- **Agregar Marcadores:** En cada uno de las NAPs, Rutas, Mangas, reservas podrás poner marcadores y editar con tus propios datos según sean necesarios.
- **Agregar NAPs:** Podrás Nombrar las NAPs con el Número hilos y color, Número Buffer y color y Números de Puertos.
- **Agregar MANGAS:** Permite saber exactamente dónde dejaste las mangas y cantidad de ellas que tienes en tu proyecto.
- **Agregar Reservas Fibra:** Para resolver los daños ocasionados por roturas de fibra esto te va a decir donde esta una reserva que dejaste

Para poder hacer uso de esta herramienta, se nos solicita adquirir una licencia de uso para la plataforma. En la figura 68 a continuación podremos observar los diferentes planes y características de estos.

**Figura 69:**

*Planes de licencia que oferta el desarrollador de la plataforma RedFTTH*



Fuente: (RedFTTH, 2023)

Después de comparar varios planes de licencia, se ha decidido adquirir el Plan Estándar debido a que, en la zona donde se está llevando a cabo la investigación y con los datos previamente obtenidos, no se requiere una gran cantidad de puntos de acceso. El área para cubrir también no es tan extensa, por lo que el paquete de 100 NAPs será suficiente para satisfacer en este caso las necesidades del diseño. El costo del Plan Estándar será de \$6.97.

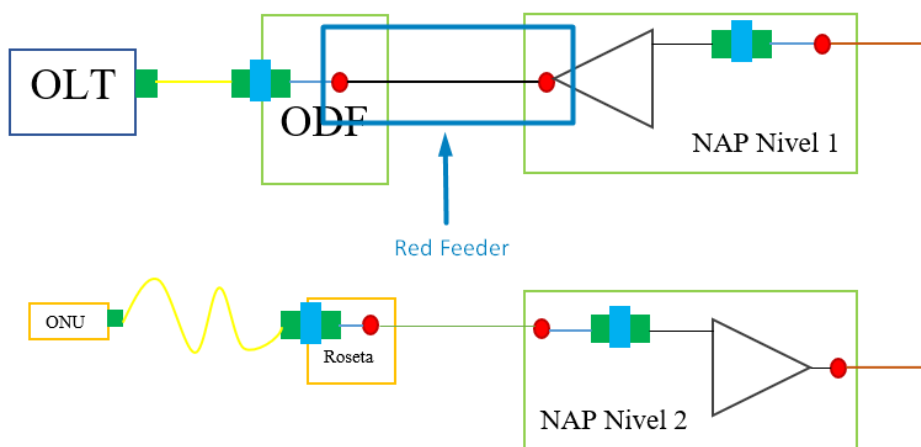
### **3.7.2 Diseño de la red Feeder/Troncal**

Esta red de Feeder o llamada también Troncal la podemos observar en la siguiente figura 70, la cual conecta la OLT a través del ODF a los NAPs de nivel 1, por ello esta línea de fibra óptica es la más importante de todas, ya que se parte de estos hilos para distribuir los demás

segmentos de la red, llegando hacia los NAPs de nivel 2, luego a la red de distribución y a la de red de dispersión.

**Figura 70:**

*Ubicación de red Feeder en el diagrama completo de Red de Fibra Óptica*



*Nota:* de la Figura 66 se indica la zona de red Feeder. Fuente: Autor y modificado por el mismo

En la planificación de la red Feeder, es importante tener en cuenta que debe pasar por todos los NAPs de nivel 1 o primarios, con el objetivo de ser el fin de la trayectoria el NAP primario más lejano o último. Además, es necesario medir la longitud de las redes, en este caso la red troncal, teniendo en cuenta el concepto de reserva, según lo establecido por la normativa de la CNT (CNT, 2012), para poder afrontar cualquier imprevisto que pueda surgir en el futuro. Con estas consideraciones y siempre buscando optimizar la longitud de los cables de la red troncal y de todas las redes, se ha establecido una reserva del 15% de la longitud de la fibra

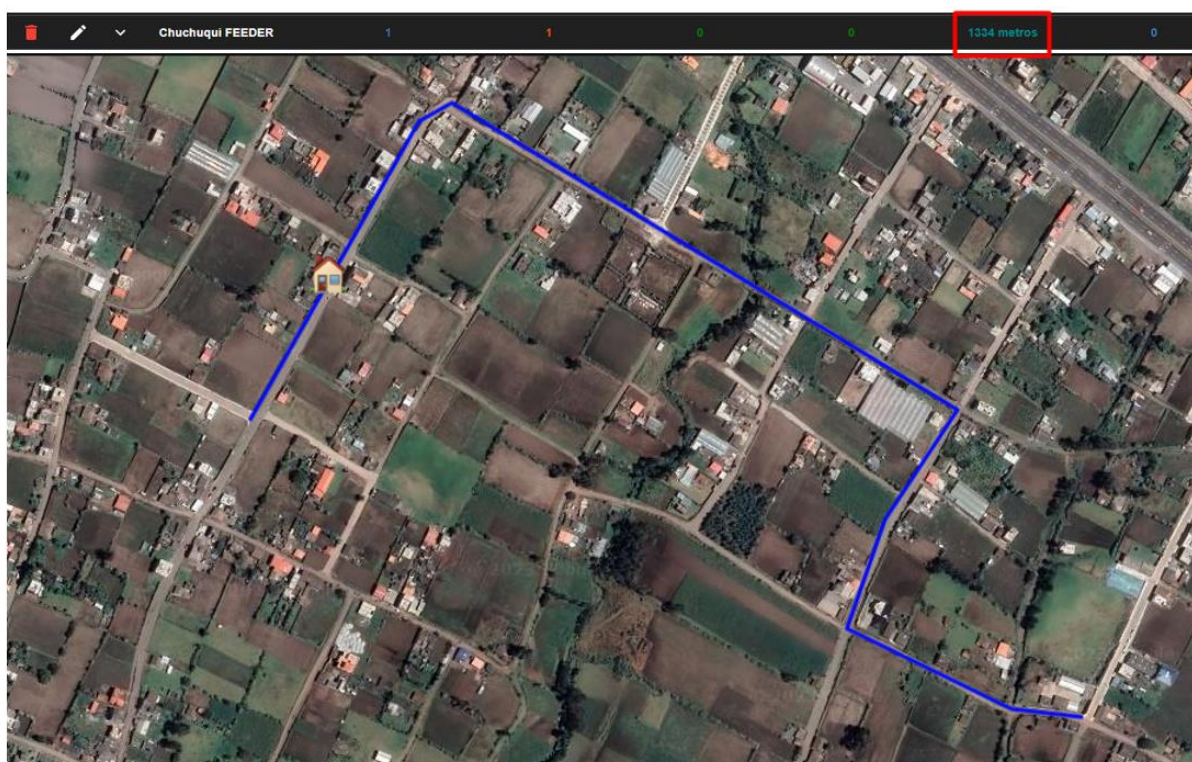


óptica en la red troncal. Para esta sección usaremos un cable de al menos 12 hilos de homologación CNT.

Usando la Herramienta RedFTTH, se procederá a colocar la red Feeder como lo indica la siguiente figura 71.

### Figura 71:

*Red Feeder en la herramienta red FTTH*



Fuente: (RedFTTH, 2023) Modificado: Autor

Según la herramienta, nos indica una distancia de 1334 metros, pero hay que retomar lo dicho con anterioridad, sobre que debe existir una reserva, equivalente al 15% del valor medido, y esta será dividida para cada uno de los NAPs de nivel 1. Este valor calculado se lo puede observar en la siguiente Ecuación 23.

**Ecuación 23** 
$$reserva = 1334 \text{ metros} * 0.15$$

$$reserva = 200,1 \text{ metros}$$

Como vemos en la ecuación 23, el valor de un 15% para la reserva nos daría alrededor de 200 metros de fibra para el uso de las reservas a mitad de la ruta colocados a mitad de los NAPs y luego de los NAPs, por lo tanto, en cada parte con unos 15 metros antes y 15 después, reservas usualmente usadas para el uso de fibra óptica aérea.

Para tener el cálculo completo tenemos la Ecuación 24 en donde está los metros de fibra de Feeder más la reserva.

$$Distancia Feeder = distancia media + reserva$$

$$Distancia Feeder = 1334 \text{ metros} + 200,1 \text{ metros}$$

**Ecuación 24** 
$$Distancia Feeder = 1534,1 \text{ metros}$$

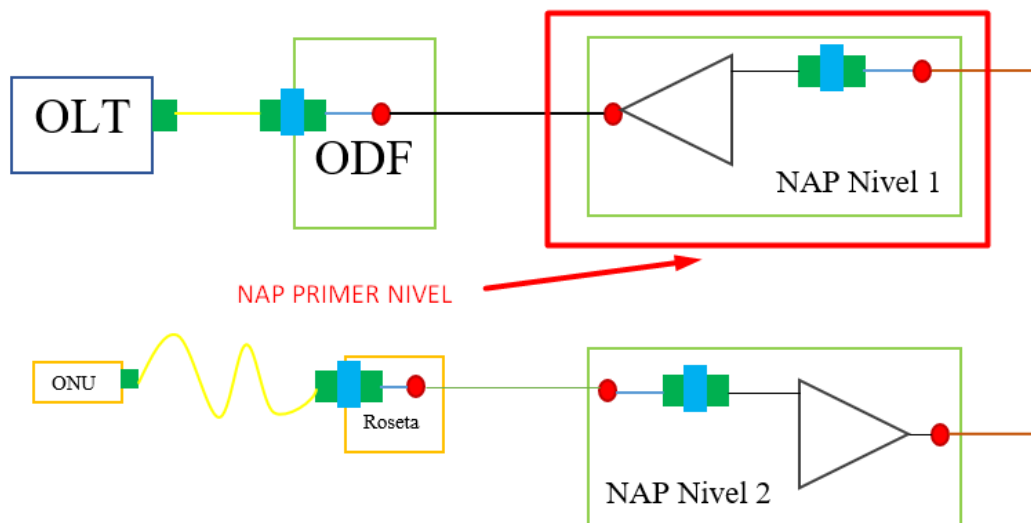
Al momento que de pedir la fibra para la red se lo debe hacer con un excedente, no se puede pedir exactamente, además ante cualquier imprevisto se puede ocupar ese tramo de fibra. Es por eso que en este caso deberíamos pedir un aproximado de 2 km.

### **3.7.3 Descripción y Ubicación de los NAP de nivel uno**

Ahora, para seguir con el diseño debemos establecer el sitio de colocación de los NAPs de nivel uno, ya que de ellos saldrán las rutas hacia los NAPs de segundo nivel. Podemos observar en la siguiente figura 72 la sección que está entre la red Feeder y la red de Distribución.

**Figura 72:**

*NAP de nivel uno, que se encuentra después de la red Feeder que interconecta al inicio de la red de distribución.*



*Nota:* Hacemos uso de la figura 65. Fuente: Autor y modificada por el mismo

Según nuestros cálculos realizados con anterioridad, según la zona del estudio para la red, necesitaremos 4 NAP de nivel uno. Ahora podemos establecer en la herramienta para el diseño de la red los NAP de nivel uno como podemos ver en la siguiente figura 73.

**Figura 73:**

*Ubicaciones de los NAPs de nivel uno por la red Feeder*



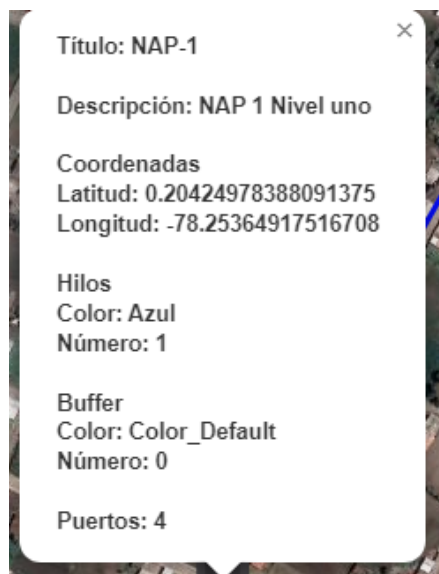
Fuente: (RedFtth, 2023) Modificado: Autor

Para tener una referencia de las ubicaciones de los NAPs de nivel uno, dentro de la herramienta podemos observar las etiquetas colocadas, donde están descrito las fibras correspondientes, el color y puerto que va a tener.

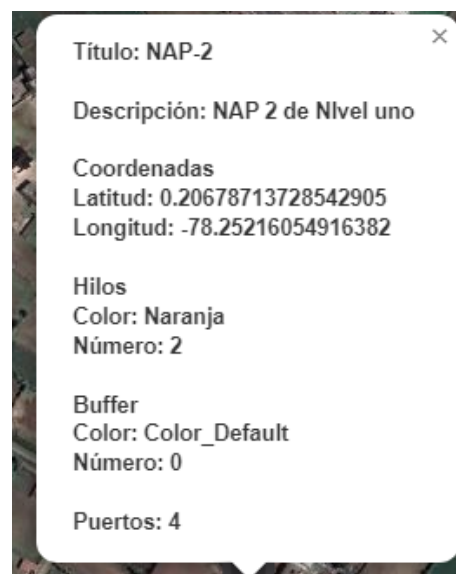
Podemos observar en la siguiente figura 73 la información de los NAPs de nivel uno. Las ubicaciones e información a detalle. Para el caso de a) el NAP 1, en caso de b) para el NAP 2, en caso de c) el NAP 3 y por último en d) el NAP 4.

**Figura 74:**

*Información sobre la ubicación y descripción de los NAPs de nivel uno*



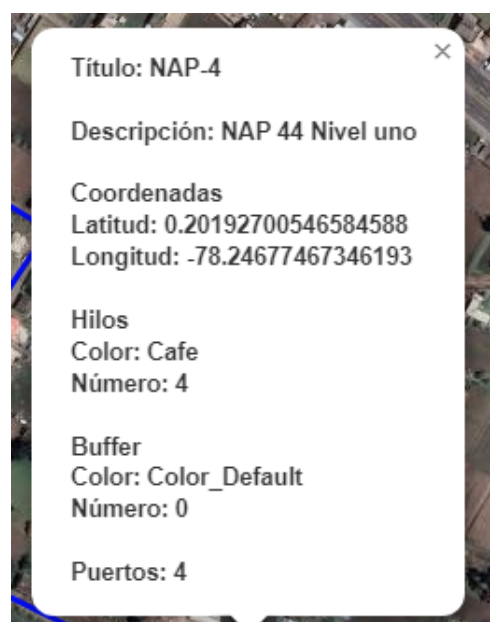
a)



b)



c)



d)

*Nota:* Información de la NAP 1 de nivel uno Fuente: (RedFth,2023)

Se puede resumir toda esta información de los NAPs de nivel uno en la siguiente tabla 20 donde nos indicará la información y descripción.

**Tabla 20**

*Resumen de las características e información de NAP de nivel uno*

<b>NAP</b>	<b>Etiqueta</b>	<b>Descripción</b>
<b>1</b>	NAP 1	NAP 1 de nivel uno Hilo de fibra color azul. Ubicación en red Feeder
<b>2</b>	NAP 2	NAP 2 de nivel uno Hilo de fibra color naranja. Ubicación en red Feeder
<b>3</b>	NAP 3	NAP 3 de nivel uno Hilo de fibra color verde. Ubicación en red Feeder
<b>4</b>	NAP 4	NAP 4 de nivel uno Hilo de fibra color café. Ubicación en red Feeder

Fuente: Autor

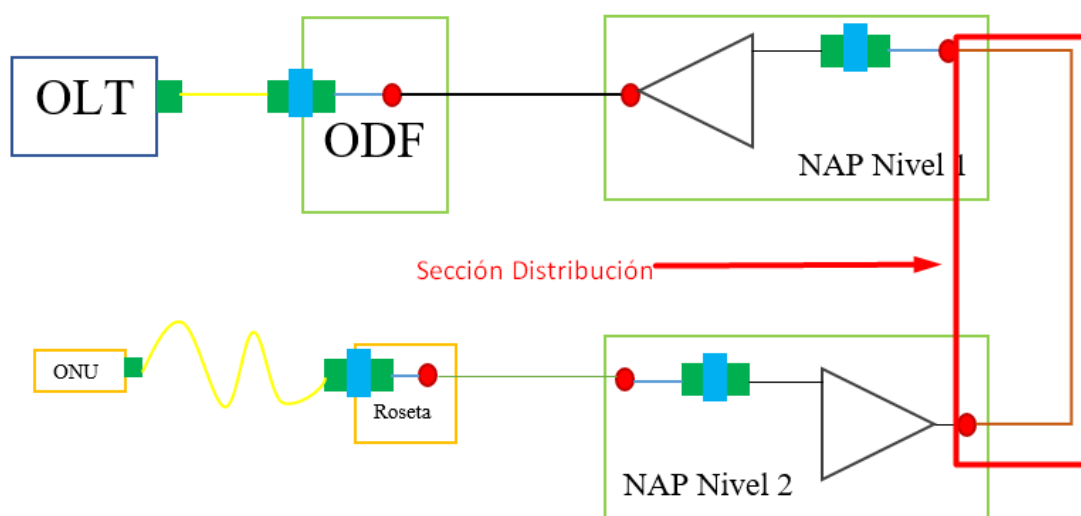
### **3.7.4 *Diseño red Distribución***

Podemos observar en la siguiente figura 75, el siguiente elemento del tramo de diagrama de la red de diseño. La red comienza en los puntos de acceso primarios (NAP) y distribuye la potencia óptica a los puntos de acceso secundarios (NAP) en diferentes lugares para cubrir toda la zona de estudio.



**Figura 75:**

La posición de la red de distribución dentro del esquema general de la red de Fibra Óptica se encarga de conectar los NAP de primer nivel con los NAP de segundo nivel.



*Nota:* Usamos la figura 66 para referencia. Fuente: Autor y modificado por el mismo.

La red de distribución funciona de manera similar a como se lleva a cabo en la red troncal. Se tienen en cuenta aspectos similares, pero en esta red se comienza en los NAP de nivel uno y termina en los NAP de nivel 2. El objetivo es llegar a todos los lugares de la zona de cobertura, por lo que esta red debe ser distribuida de manera más eficiente en comparación con la red Feeder. La red de distribución tendrá cuatro longitudes diferentes debido a que cada NAP de primer nivel tendrá su propia red de distribución. Por lo tanto, habrá 4 redes de distribución. Además, al igual que en la red troncal, existe un margen de reserva del 5% de la distancia medida para la red de distribución, según la normativa de CNT. La reserva se aplicará en los diferentes NAP de segundo nivel, multiplicando el margen de reserva por cuatro, ya que también son 4 los NAP de segundo nivel que se colocarán en la red de distribución. En resumen, existirán

cuatro redes de distribución: red de distribución 1, red de distribución 2, red de distribución 3 y red de distribución 4, correspondientes a los cuatro NAP de primer nivel. Utilizando la plataforma de diseño, se puede ver el siguiente diseño.

**Figura 76:**

*Red Distribución 1, inicia desde la NAP-1 de nivel uno*



*Nota:* Imagen de Red de Distribución 1, longitud 0.795 km Fuente: (RedFthh,2023)

*Modificado:* Autor

Teniendo la distancia de la red de Distribución que nos da la herramienta, procedemos a calcular el total de esta red por la normativa del 5% para cada NAP se nivel dos. La siguiente ecuación 25 nos dará los resultados totales.



$$\text{Total Red Dsitribución 1} = \text{longitude de la Red} + 5\% (\text{longitud de red}) * 4$$

$$\text{Total Red Dsitribución 1} = 0.795 \text{ km} + 5\% (0.795\text{km}) * 4$$

**Ecuación 25**       $\text{Total Red Dsitribución 1} = 0.954 \text{ km}$

Repetiremos el mismo proceso para las otras redes de Distribución, en este caso la Distribución 2, que saldrá desde el NAP-2 como indica la siguiente figura 77.

**Figura 77:**

*Red Distribución 2, inicia desde la NAP-2 de nivel uno*



*Nota:* Imagen de Red de Distribución 2, longitud 0.802 km Fuente: (RedFthh,2023)

*Modificado:* Autor

Así mismo como hicimos antes, se realiza los cálculos totales que corresponden, lo cual podemos observar en la siguiente Ecuación 26.

$$\text{Total Red Dsitribución 2} = \text{longitude de la Red} + 5\% (\text{longitud de red}) * 4$$

$$\text{Total Red Dsitribución 2} = 0.802 \text{ km} + 5\% (0.802\text{km}) * 4$$

**Ecuación 26**       $\text{Total Red Dsitribución 2} = 0.9624 \text{ km}$

Continuando para la distribución 3, tendríamos lo siguiente en la figura 78.

**Figura 78:**

*Red de Distribución 3 en 2 secciones desde el NAP-3 de nivel uno*



*Nota:* Imagen de Red de Distribución 3, en este caso tiene 2 secciones las cuales debemos sumar para tener su longitud, que sería de 0.887 km Fuente: (RedFthh,2023) *Modificado:* Autor

Como hicimos en los primeros casos de la red de Distribución, realizamos en este caso para la Distribución 3 del NAP-3 de nivel uno, esto se puede observar en la siguiente Ecuación 27.

$$\text{Total Red Dsitribución 3} = \text{longitude de la Red} + 5\% (\text{longitud de red}) * 4$$

$$\text{Total Red Dsitribución 3} = 0.887 \text{ km} + 5\% (0.887\text{km}) * 4$$

**Ecuación 27**  $\text{Total Red Dsitribución 3} = 1.0644 \text{ km}$

Ahora pasaremos al último tramo de la red de Distribución, con el número 4 del NAP-4 de nivel uno. Empezando desde este, podemos observar en la siguiente figura 79.

**Figura 79:**

*Red Distribución 4, desde NAP-4 de nivel uno*



*Nota:* red de distribución 4, con una longitud de 1.605 km Fuente: (RedFtth, 2022)

*Modificado:* Autor

Realizamos los cálculos que hemos hecho con las demás distribuciones, observamos el resultado en la Ecuación 28 para la red de Distribución 4.

$$\text{Total Red Distribución 4} = \text{longitud de la Red} + 5\% (\text{longitud de red}) * 4$$

$$\text{Total Red Distribución 4} = 1.605 \text{ km} + 5\% (1.605 \text{ km}) * 4$$

**Ecuación 28**  $\text{Total Red Distribución 4} = 1.926 \text{ km}$

Ahora que sabemos cómo será las redes de distribución, correspondiente a los cuatro NAPs de nivel uno. Entonces se procede a calcular la sumatoria de todas las distancias incluyendo las reservas. Usando los datos de las Ecuaciones anteriores, tendremos como resultado la Ecuación 29 de la sumatoria de cada una de las redes de distribución (rd).

$$\text{Total Red Distribución 4} = rd 1 + rd 2 + rd3 + rd4$$

$$\text{Total Red Distribución 4} = 0.954 \text{ km} + 0.9624 \text{ km} + 1.0644 \text{ km} + 1.9265 \text{ km}$$

**Ecuación 29**  $\text{Total Red Distribución 4} = 4.9073 \text{ km}$

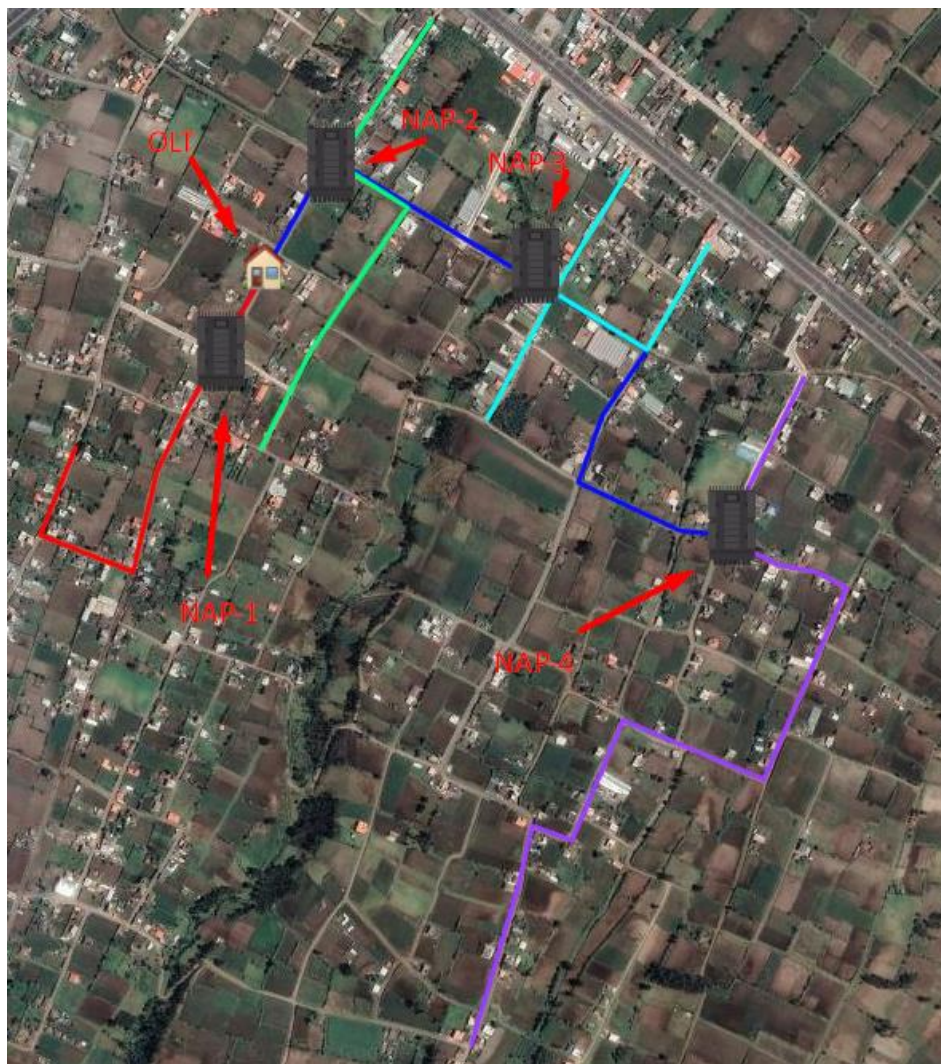
Durante el diseño de la red, se ha llevado a cabo el cálculo para la red troncal y se ha estimado la cantidad de fibra óptica necesaria. Sin embargo, para garantizar la integridad del sistema, se debe utilizar un valor más alto que el calculado debido a posibles errores al medir distancias y cualquier incidente técnico o externo.

En este caso, se utilizará un valor de 5 km para la red de distribución que es un valor más alto al calculado para cualquier inconveniente que se pueda presentar. Hasta el momento, se han implementado la red troncal, los NAP de primer nivel y la red de distribución, como se puede ver en la figura 80. Este diseño es una versión previa al diseño final de la red FTTH completa.



**Figura 80:**

*Diseño de la red de fibra óptica con la herramienta RedFTTH, con los elementos: red Feeder, NAPs de nivel uno y red de distribución.*



Fuente: (Red Fth, 2023) Modificado: Autor

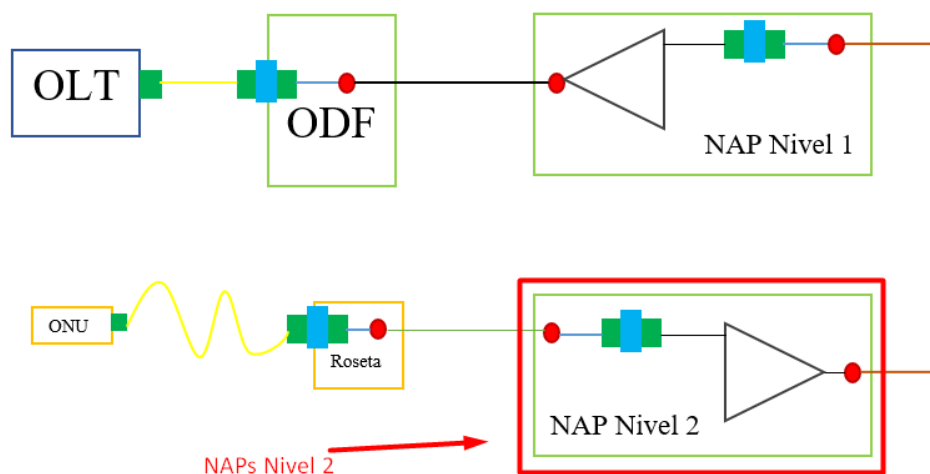
### **3.7.5 Descripción y Ubicación de los NAP de nivel uno**

Similar a cómo se ubicaron los NAP de primer nivel en relación a la red troncal, los NAP de segundo nivel se colocarán a lo largo de la red de distribución. La figura 81 muestra la

ubicación del NAP de segundo nivel, que está conectado tanto a la red de distribución como a la red de dispersión.

**Figura 81:**

*Ubicación de NAPs de segundo nivel en el diagrama de la red de Fibra Óptica, sección entre red de distribución y red de dispersión.*



*Nota:* Usamos la figura 66 para referencia. Fuente: Autor y modificado por el mismo.

Antes de describir y ubicar los NAP de segundo nivel, es importante tener en cuenta que habrá cuatro NAP secundarios por cada una de las cuatro redes de distribución (1, 2, 3 y 4), sumando un total de 16 NAP de segundo nivel. Estos NAP deben estar ubicados de manera estratégica para brindar el servicio a la mayor cantidad de la zona de estudio, teniendo en cuenta la cercanía a la red de dispersión hacia los usuarios finales. Por esta razón, se deben colocar pensando en la distancia de la red de dispersión. La tabla 21 presenta una lista de todos los NAP de segundo nivel que existirán para una identificación más clara.

**Tabla 21***Descripciones de NAPs segundo nivel*

<b>NAP</b>	<b>Etiqueta</b>	<b>Red Distribución</b>	<b>Descripción</b>
<b>1</b>	NAP-1.1	1	NAP 1 de nivel dos. Etiqueta NAP-1.1  Ubicación red de distribución 1  perteneciente al NAP-1.  Hilo de fibra color azul.
<b>2</b>	NAP-1.2	1	NAP 2 de nivel dos. Etiqueta NAP-1.2  Ubicación red de distribución 1  perteneciente al NAP-1.  Hilo de fibra color naranja.
<b>3</b>	NAP-1.3	1	NAP 3 de nivel dos. Etiqueta NAP-1.3  Ubicación red de distribución 1  perteneciente al NAP-1.  Hilo de fibra color verde.
<b>4</b>	NAP-1.4	1	NAP 4 de nivel dos. Etiqueta NAP-1.4  Ubicación red de distribución 1  perteneciente al NAP-1.  Hilo de fibra color café.
<b>5</b>	NAP-2.1	2	NAP 5 de nivel dos. Etiqueta NAP-2.1  Ubicación red de distribución 2  perteneciente al NAP-2.  Hilo de fibra color azul.

<b>6</b>	NAP-2.2	2	NAP 6 de nivel dos. Etiqueta NAP-2.2 Ubicación red de distribución 2 perteneciente al NAP-2. Hilo de fibra color naranja.
<b>7</b>	NAP-2.3	2	NAP 7 de nivel dos. Etiqueta NAP-2.3 Ubicación red de distribución 2 perteneciente al NAP-2. Hilo de fibra color verde.
<b>8</b>	NAP-2.4	2	NAP 8 de nivel dos. Etiqueta NAP-2.4 Ubicación red de distribución 1 perteneciente al NAP-2. Hilo de fibra color café.
<b>9</b>	NAP-3.1	3	NAP 9 de nivel dos. Etiqueta NAP-3.1 Ubicación red de distribución 3 perteneciente al NAP-3. Hilo de fibra color azul.
<b>10</b>	NAP-3.2	3	NAP 10 de nivel dos. Etiqueta NAP-3.2 Ubicación red de distribución 3 perteneciente al NAP-3. Hilo de fibra color naranja.
<b>11</b>	NAP-3.3	3	NAP 11 de nivel dos. Etiqueta NAP-3.3 Ubicación red de distribución 3 perteneciente al NAP-3.



			Hilo de fibra color verde.
<b>12</b>	NAP-3.4	3	NAP 12 de nivel dos. Etiqueta NAP-3.4 Ubicación red de distribución 3 perteneciente al NAP-3. Hilo de fibra color café.
<b>13</b>	NAP-4.1	4	NAP 13 de nivel dos. Etiqueta NAP-4.1 Ubicación red de distribución 4 perteneciente al NAP-4. Hilo de fibra color azul.
<b>14</b>	NAP-4.2	4	NAP 14 de nivel dos. Etiqueta NAP-4.2 Ubicación red de distribución 4 perteneciente al NAP-4. Hilo de fibra color naranja.
<b>15</b>	NAP-4.3	4	NAP 15 de nivel dos. Etiqueta NAP-4.3 Ubicación red de distribución 4 perteneciente al NAP-4. Hilo de fibra color verde.
<b>16</b>	NAP-4.4	4	NAP 16 de nivel dos. Etiqueta NAP-4.4 Ubicación red de distribución 4 perteneciente al NAP-4. Hilo de fibra color café.

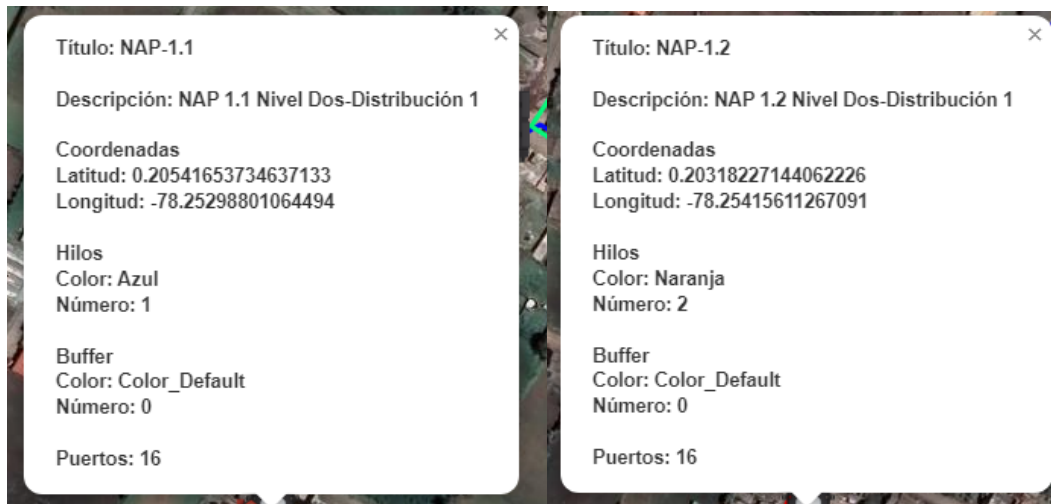
### **3.7.5.1 NAP de nivel 2 en la red de Distribución 1**

En esta parte del proyecto, se especificará la ubicación de los NAPs de nivel 2 en la herramienta de diseño RedFTTH y se les asignarán etiquetas basadas en la información de la tabla 21 que hemos especificado. Se describirá detalladamente cada uno de los NAPs de segundo nivel y, finalmente, se presentará el diseño completo de la red de distribución 1, incluyendo la ubicación de los cuatro NAPs asociados a esta red.

En la figura 82 se puede observar los detalles de las NAPs de segundo nivel correspondientemente con a) NAP 1.1, b) NAP 1.2, c) NAP 1.3, d) NAP 1.4.

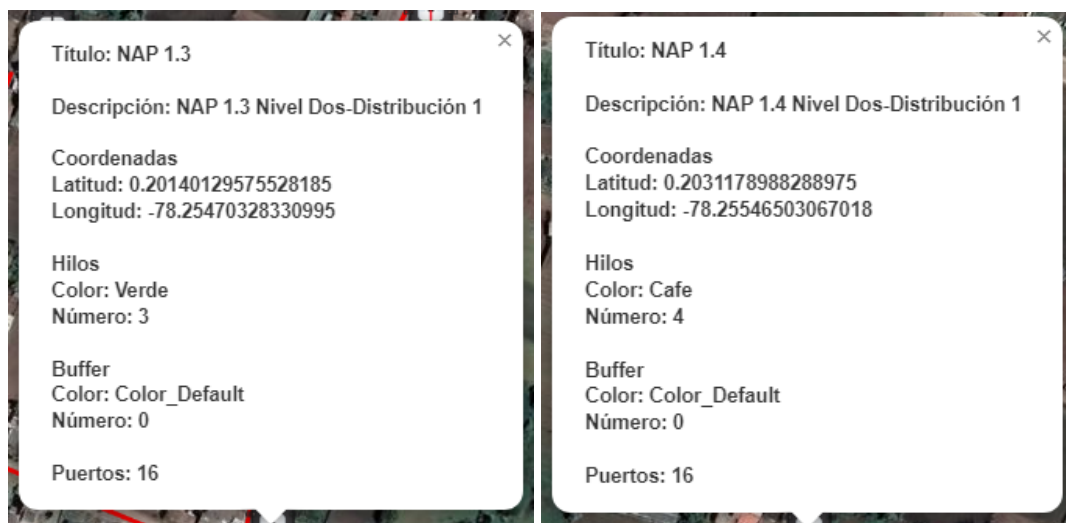
**Figura 82:**

*Descripción y ubicación en coordenadas de los NAPs de nivel dos de la Distribución 1.*



a)

b)



c)

d)

*Nota:* Ubicación e información de NAPs de segundo nivel de red de Distribución 1

Fuente: (RedFth,2023)

Ya colocados los NAPs de nivel dos, que pertenecen a la red de Distribución 1 el diseño quedaría como lo indica la siguiente figura 83.

**Figura 83:**

*Red de Distribución 1, con su respectivo NAP-1 de nivel uno y respectivos NAPs de nivel dos en el diseño.*



Fuente: (RedFth, 2023) Modificado: Autor

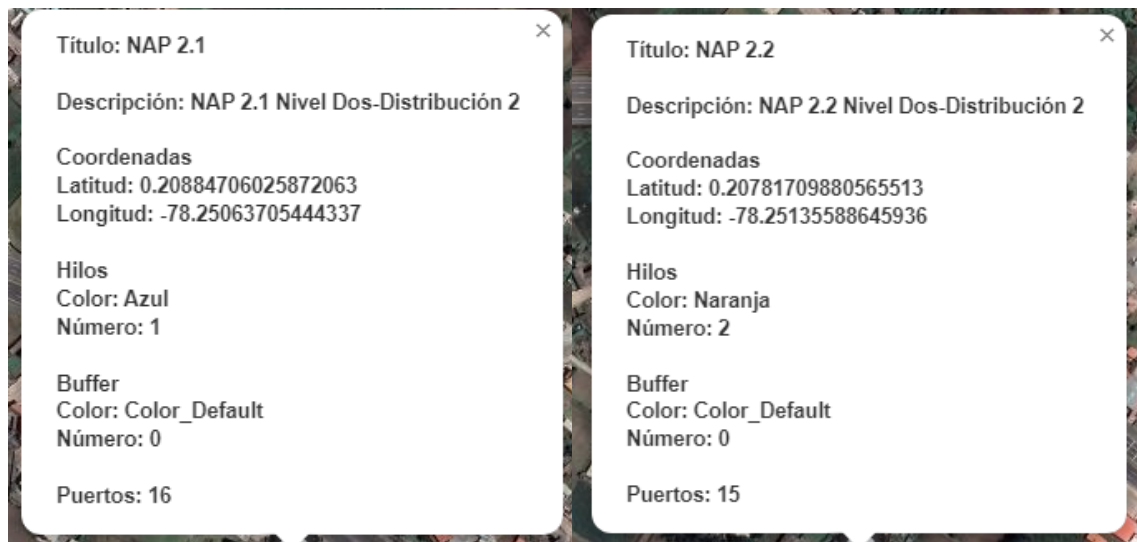
### **3.7.5.2 NAPs de nivel dos en red de Distribución 2**

Siguiendo con el desarrollo de los NAPs de segundo nivel, nos enfocamos ahora en los que pertenecen a la red de Distribución 2, derivada del NAP 2 de nivel uno. Seguimos basándonos en la información de la tabla 21.

A continuación, en la figura 84 observamos los detalles de los NAPs de segundo nivel, a) NAP 2.1, b) NAP 2.2, c) NAP 2.3, d) NAP 2.3.

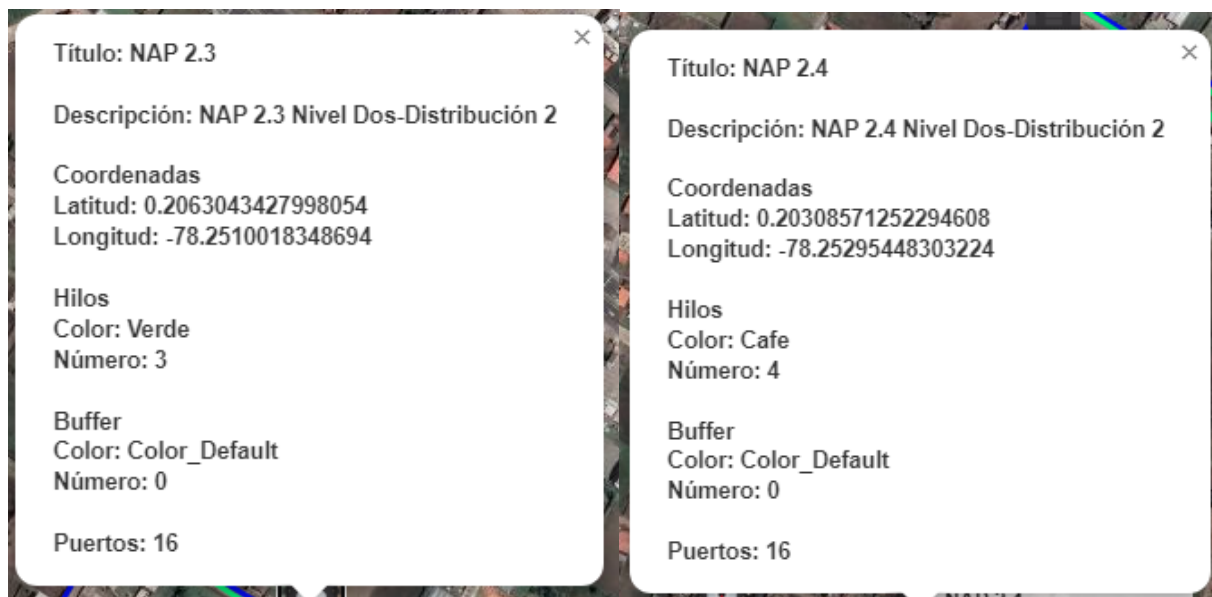
**Figura 84:**

*Descripción y ubicación en coordenadas de los NAPs de nivel dos de la Distribución 2.*



a)

b)



c)

d)

*Nota:* Ubicación e información de NAPs de segundo nivel de red de Distribución 2

Fuente: (RedFth,2023)



De igual manera que en el caso de la Distribución 1 y del NAP-1, ya ubicados los NAPs de nivel dos a lo largo de la red de Distribución 2. Se observa, en la siguiente figura 85, el diseño que se plantea en la herramienta RedFTTH.

**Figura 85:**

*Red de Distribución 2, con su respectivo NAP-2 de nivel uno y respectivos NAPs de nivel dos en el diseño.*



Fuente: (RedFth, 2023) Modificado: Autor

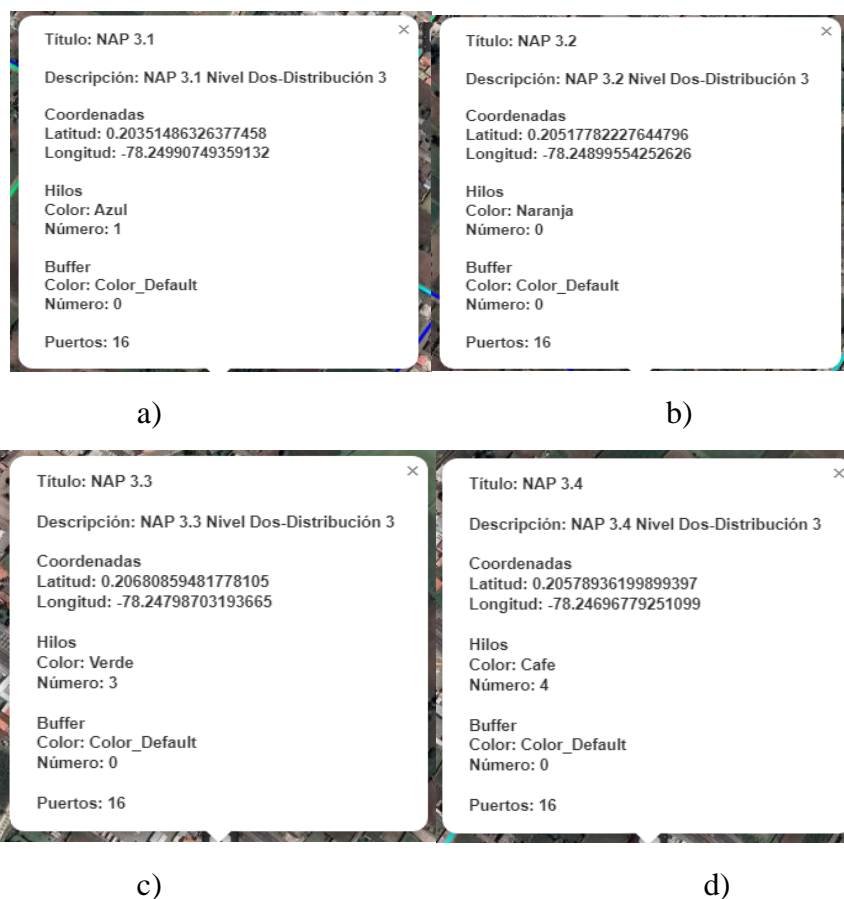
### 3.7.5.3 NAPs de nivel dos en red de Distribución 3

Continuamos con el diseño de los NAPs de nivel 2, ahora enfocándonos en la red de Distribución 3, que se origina en el NAP-3 de nivel uno. Seguimos utilizando la herramienta RedFTTH para ubicar y describir los elementos de la red.

La figura 86 muestra detalles sobre los NAPs de segundo nivel correspondientes a lo siguiente: a) NAP 3.1, b) NAP 3.2, c) NAP 3.3, d) NAP 3.4.

#### Figura 86:

*Descripción y ubicación en coordenadas de los NAPs de nivel dos de la Distribución 3.*



*Nota:* Ubicación e información de NAPs de segundo nivel de red de Distribución 3

Fuente: (RedFtth,2023)



De igual manera que en el caso de la Distribución 1 y 2 y del NAP-1 y NAP-2, ya ubicados los NAPs de nivel dos a lo largo de la red de Distribución 3. Se observa, en la siguiente figura 87, el diseño que se plantea en la herramienta RedFTTH.

**Figura 87:**

*Red de Distribución 3, con su respectivo NAP-3 de nivel uno y respectivos NAPs de nivel dos en el diseño.*



*Nota:* La red de Distribución está en dos secciones por eso antes sumamos las dos para obtener el total de la Distribución 3. Fuente: (RedFtth, 2023) Modificado: Autor

#### 3.7.5.4 NAPs de nivel dos en red de Distribución 4

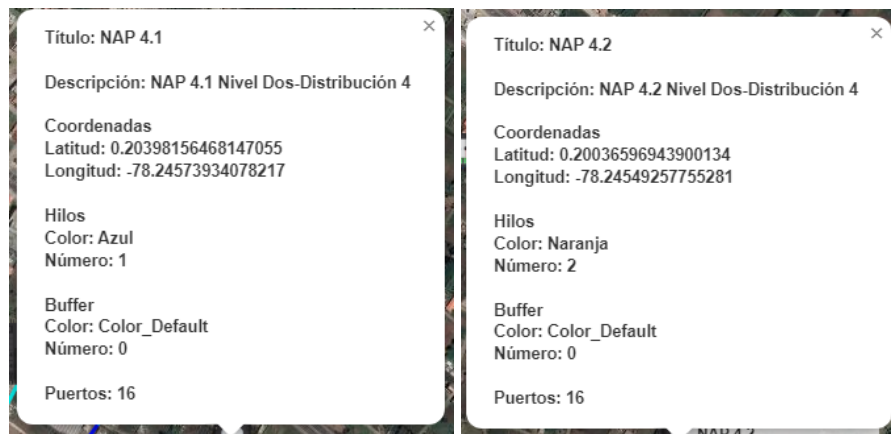
Ahora pasaremos a terminar de ubicar los NAP de nivel dos, que están a lo largo de la red de Distribución 4. Con lo que haremos un paréntesis sobre que estas ubicaciones de NAPs de

nivel dos deben estar estratégicamente colocados para poder brindar una cobertura a todos los usuarios, debido a que estarán conectados a la red de dispersión.

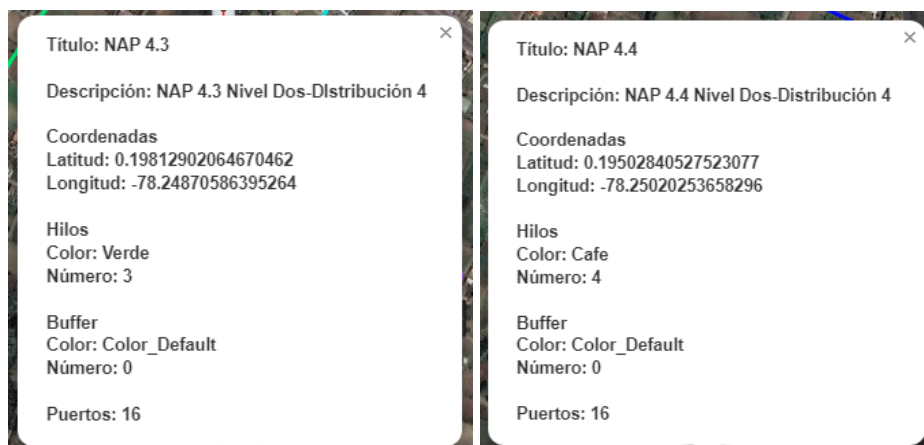
La figura 88 nos indica los detalles sobre los NAPs de segundo nivel correspondientes a lo siguiente: a) NAP 4.1, b) NAP 4.2, c) NAP 4.3, d) NAP 4.4.

**Figura 88:**

*Descripción y ubicación en coordenadas de los NAPs de nivel dos de la Distribución 4.*



a)



c)

d)

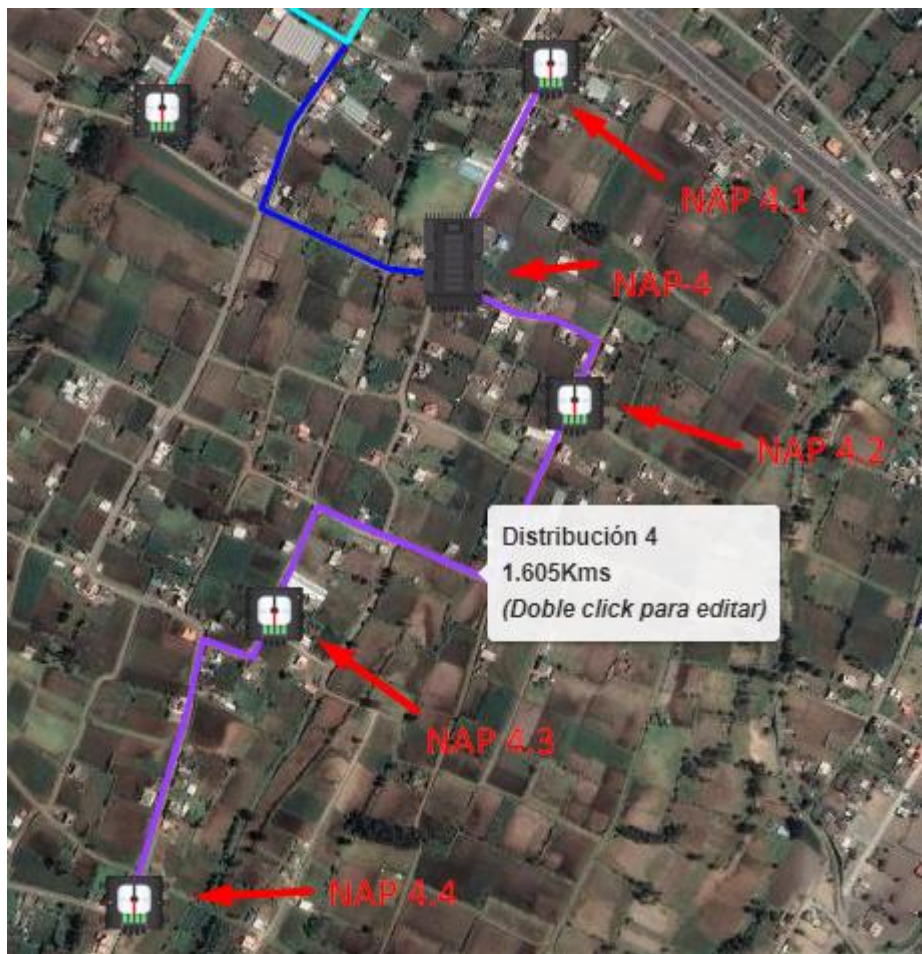
*Nota:* Ubicación e información de NAPs de segundo nivel de red de Distribución 4

Fuente: (RedFtth,2023)

Una vez ubicados los NAPs en la herramienta Ftth, en la siguiente figura 89 se puede observar la ubicación de los mismos.

**Figura 89:**

*Ubicación de NAPs de nivel dos en la Distribución 4.*



*Nota:* La red de Distribución 4 con la ubicación de NAPs de nivel dos. Fuente: (RedFth, 2023) Modificado: Autor

### **3.7.6 Diseño de Red de Dispersión**

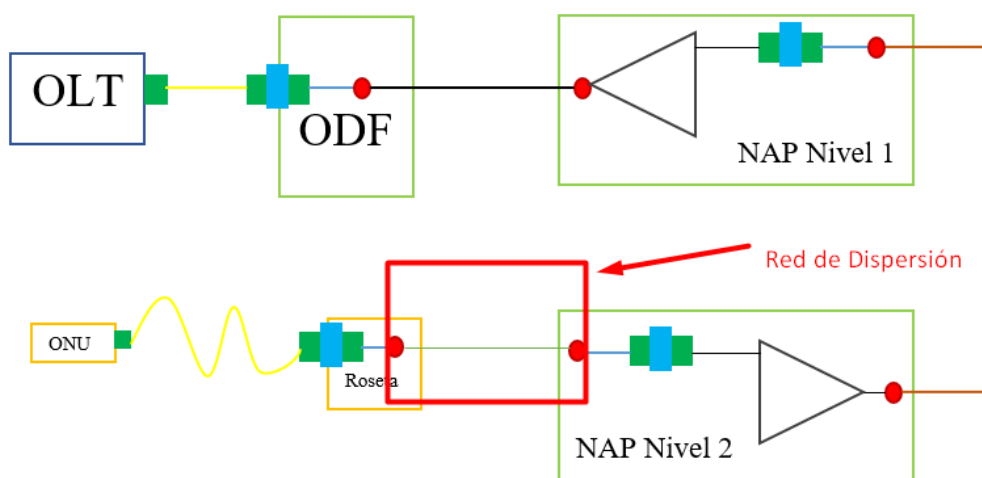
Luego de haber establecido las redes de Feeder y Distribución, seguimos con el diseño de la red, en el diagrama mostrado en la figura 66, el siguiente componente es la red de dispersión.

Este es el último tramo en la red de acceso, tal como se muestra en la figura 90. La red de

dispersión conecta los NAP de segundo nivel con el equipo ONT que se entrega al usuario en su hogar o en el lugar donde se brinda el servicio.

**Figura 90:**

*Red de Dispersión en el diagrama completo de Diseño de Fibra Óptica, correspondiente al enlace de los NAPs de nivel dos y la OLT.*



*Nota:* Usamos la figura 66 para referencia. Fuente: Autor y modificado por el mismo.

Continuando con la disección del diagrama de la red FTTH, se determina la cantidad de fibra óptica necesaria. Los NAP de segundo nivel deben ubicarse para brindar cobertura a toda la zona con una distancia de máximo 100 metros entre el usuario final y el NAP. La red fue diseñada para poder brindar un servicio hasta 256 usuarios y se realiza un cálculo de la cantidad de fibra necesaria suponiendo que todos estén a 100 metros de distancia como se explica. Se debe también realizar una reserva para los NAP de segundo nivel. El resultado de la cantidad de fibra necesaria se encuentra en la Ecuación 30 como un cálculo general para todos los usuarios.

$$\text{Red de Dispersión} = \text{total de abonados} * 100 \text{ metros}$$

$$\text{Red de Dispersión} = 256 * 100$$

**Ecuación 30**  $\text{Red de Dispersión} = 25600 \text{ metros}$

Como se ha venido realizando, se debe aproximar una distancia mayor ante cualquier inconveniente, es por eso que se lo aproximaría a unos 26 km.

### 3.7.7 Reservas de fibra óptica en la red FTTH

En los capítulos previos, se mencionaron las reservas necesarias para cada NAP de primer y segundo nivel. Aquí se describirá y clasificará esas reservas con la Tabla 22.

**Tabla 22**

*Reservas correspondientes a las redes de Feeder y Distribución*

<b>Reserv</b>	<b>Etiqueta</b>	<b>Red</b>	<b>Descripción</b>
<b>a</b>			
<b>1</b>	Reserva-NAP-1	Feeder	Reserva de 30 metros para NAP-1: distribuido en 15 metros antes y 15 metros después de empalme.
<b>2</b>	Reserva-NAP-2	Feeder	Reserva de 30 metros para NAP-2: distribuido en 15 metros antes y 15 metros después de empalme.
<b>3</b>	Reserva-NAP-3	Feeder	Reserva de 30 metros para NAP-3: distribuido en 15 metros antes y 15 metros después de empalme.
<b>4</b>	Reserva-NAP-4	Feeder	Reserva de 30 metros para NAP-4: distribuido en 15 metros antes y 15 metros después de empalme.

<b>5</b>	Reserva-NAP-1.1	Distribución	Reserva del NAP-1.1: 5% de la distancia del total de la red de distribución. Distribuidos antes y después del empalme
<b>6</b>	Reserva-NAP-1.2	Distribución	Reserva del NAP-1.2: 5% de la distancia del total de la red de distribución. Distribuidos antes y después del empalme
<b>7</b>	Reserva-NAP-1.3	Distribución	Reserva del NAP-1.3: 5% de la distancia del total de la red de distribución. Distribuidos antes y después del empalme
<b>8</b>	Reserva-NAP-1.4	Distribución	Reserva del NAP-1.4: 5% de la distancia del total de la red de distribución. Distribuidos antes y después del empalme
<b>9</b>	Reserva-NAP-2.1	Distribución	Reserva del NAP-2.1: 5% de la distancia del total de la red de distribución. Distribuidos antes y después del empalme
<b>10</b>	Reserva-NAP-2.2	Distribución	Reserva del NAP-2.2: 5% de la distancia del total de la red de distribución. Distribuidos antes y después del empalme
<b>11</b>	Reserva-NAP-2.3	Distribución	Reserva del NAP-2.3: 5% de la distancia del total de la red de distribución. Distribuidos antes y después del empalme

<b>12</b>	Reserva-NAP- 2.4	Distribución	Reserva del NAP-2.4: 5% de la distancia del total de la red de distribución. Distribuidos antes y después del empalme
<b>13</b>	Reserva-NAP- 3.1	Distribución	Reserva del NAP-3.1: 5% de la distancia del total de la red de distribución. Distribuidos antes y después del empalme
<b>14</b>	Reserva-NAP- 3.2	Distribución	Reserva del NAP-3.2: 5% de la distancia del total de la red de distribución. Distribuidos antes y después del empalme
<b>15</b>	Reserva-NAP- 3.3	Distribución	Reserva del NAP-3.3: 5% de la distancia del total de la red de distribución. Distribuidos antes y después del empalme
<b>16</b>	Reserva-NAP- 3.4	Distribución	Reserva del NAP-3.4: 5% de la distancia del total de la red de distribución. Distribuidos antes y después del empalme
<b>17</b>	Reserva-NAP- 4.1	Distribución	Reserva del NAP-4.1: 5% de la distancia del total de la red de distribución. Distribuidos antes y después del empalme
<b>18</b>	Reserva-NAP- 4.2	Distribución	Reserva del NAP-4.2: 5% de la distancia del total de la red de distribución. Distribuidos antes y después del empalme



<b>19</b>	Reserva-NAP-4.3	Distribución	Reserva del NAP-4.3: 5% de la distancia del total de la red de distribución. Distribuidos antes y después del empalme
<b>20</b>	Reserva-NAP-4.4	Distribución	Reserva del NAP-4.4: 5% de la distancia del total de la red de distribución. Distribuidos antes y después del empalme

---

Fuente: Autoría Propia

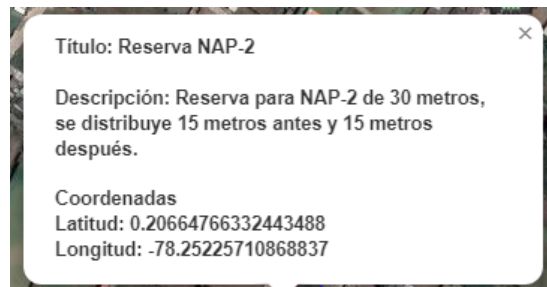
Ahora debemos asignar identificadores a la red de fibra óptica en la plataforma FTTH una vez establecidas las diferentes reservas para cada elemento, tanto para NAP de nivel uno como de nivel dos. Hay que tener en cuenta que las reservas deben colocarse en la misma ubicación que los NAP. La figura 91 muestra las reservas de los NAP de primer nivel.

### Figura 91:

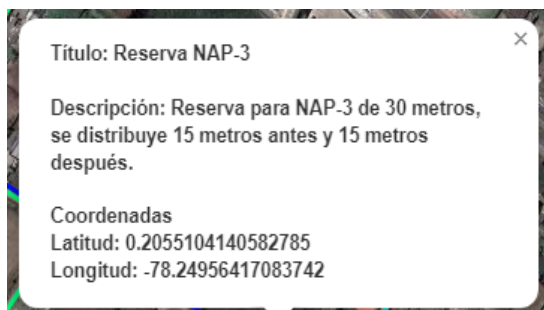
*Descripción de reservas para cada NAP de nivel uno, con la herramienta de diseño Red FTTH.*



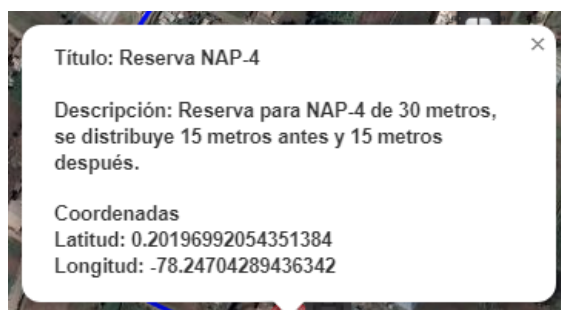
a)



b)



d)



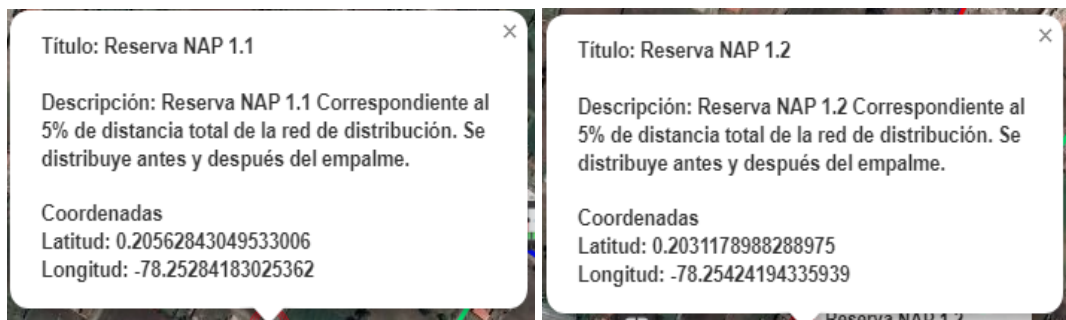
e)

*Nota:* descripciones de cada reserva para los NAPs de primer nivel a) para en NAP-1. b) NAP-2 c) NAP-3 d) NAP-4 Fuente: (Red Fthh, 2023)

Después de que hemos descrito las reservas de la red Feeder, seguiremos a describir las de la red de Distribución 1, que va a partir de la NAP-1 de nivel uno y tiene 4 NAPs de nivel dos. La siguiente figura 92 describe a detalle estos NAPs.

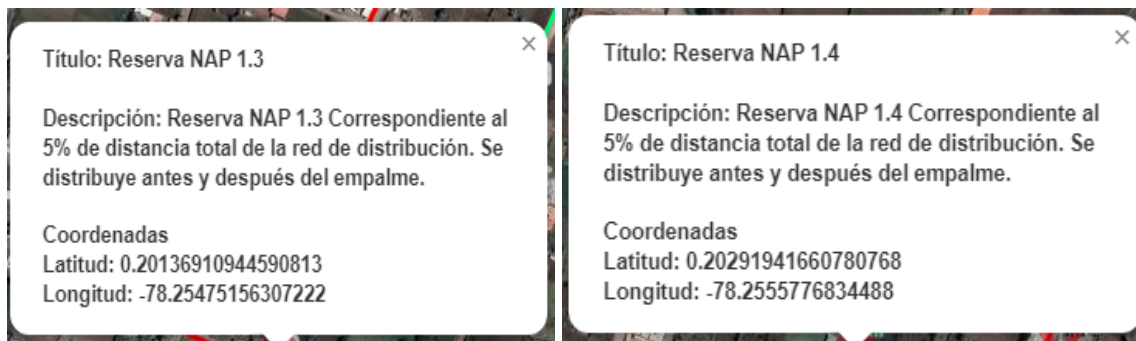
**Figura 92:**

*Descripciones de las reservas de NAPs de nivel 2 en la red de Distribución 1, en la herramienta de diseño Red FTTH*



a)

b)



c)

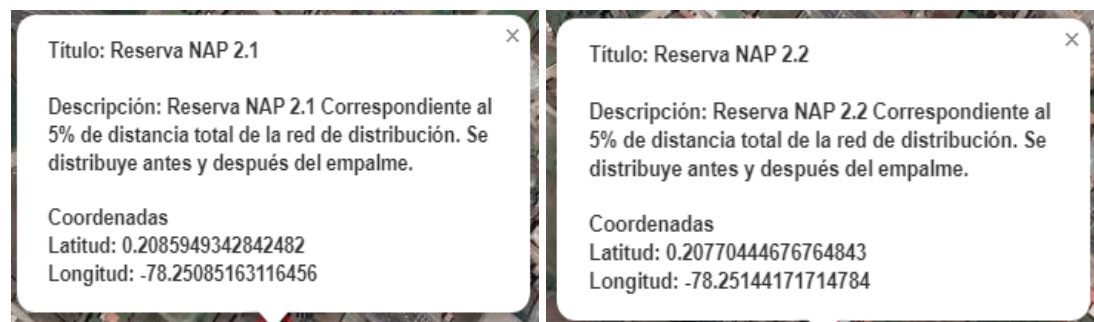
d)

*Nota:* descripciones de cada reserva para los NAPs de segundo nivel para la red de Distribución 1 a) para en NAP 1.1 b) NAP 1.2 c) NAP 1.3 d) NAP 1.4 Fuente: (Red Ftth, 2023)

Prosiguiendo con las reservas en orden de la red de Distribución 2 sería lo siguiente que indica la figura 93 detalladamente.

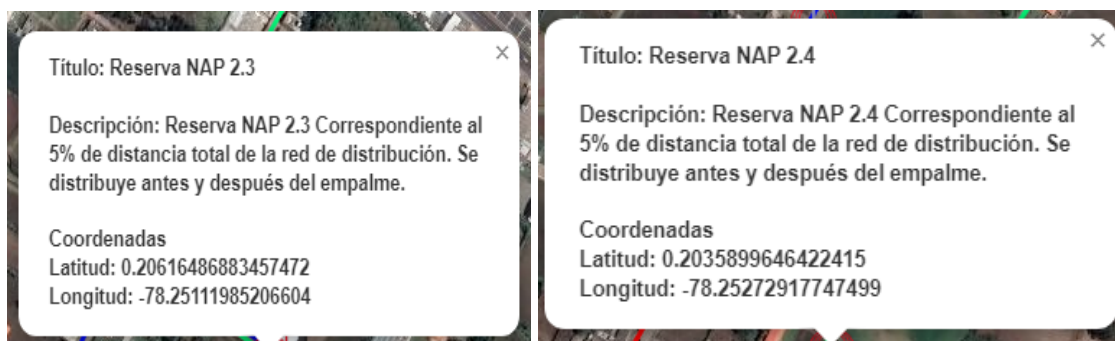
**Figura 93:**

*Descripción de reservas para los NAPs de nivel dos en la red de Distribución 2, en la herramienta de diseño Red FTTH*



a)

b)



c)

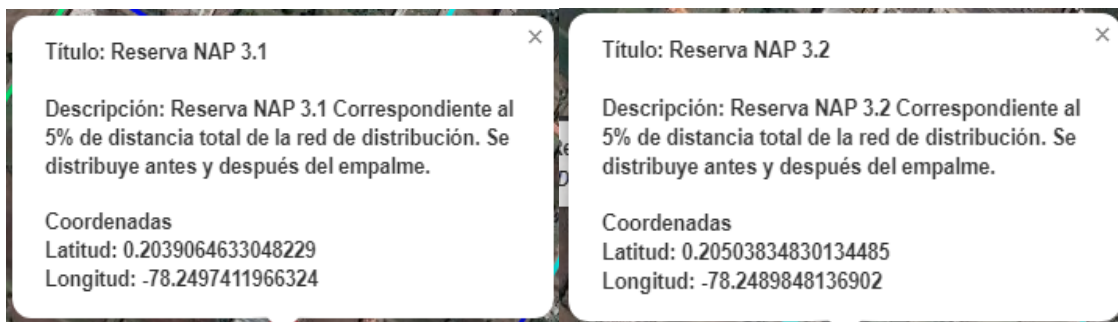
d)

*Nota:* descripciones de cada reserva para los NAPs de segundo nivel para la red de Distribución 2 a) para en NAP 2.1 b) NAP 2.2 c) NAP 2.3 d) NAP 2.4 Fuente: (Red FttH, 2023)

Siguiendo con lo que corresponde a la Distribución 3, en la figura 94 se observa detalladamente las reservas para esta distribución de los NAPs de nivel dos.

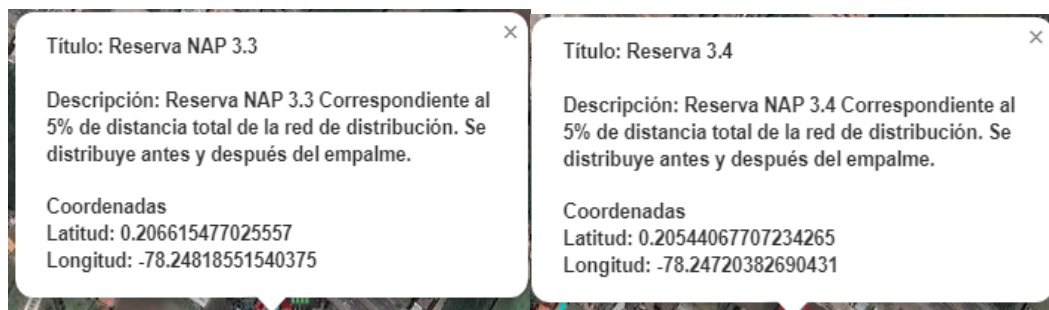
**Figura 94:**

*Descripción de reservas para los NAPs de nivel dos en la red de Distribución 3, en la herramienta de diseño Red FTTH*



a)

b)



c)

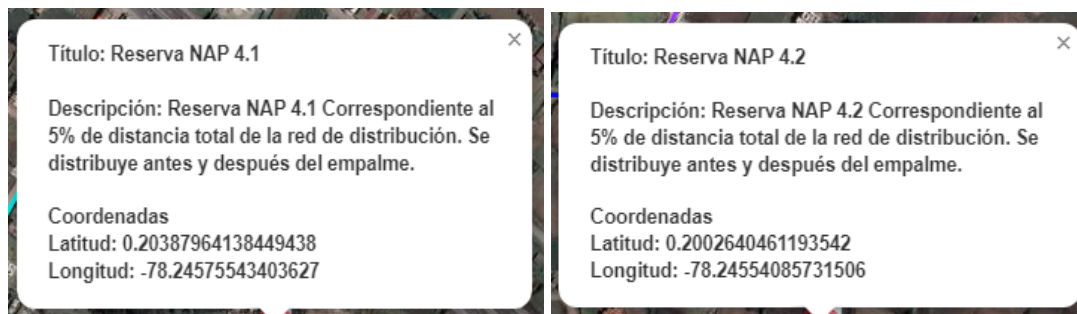
d)

*Nota:* descripciones de cada reserva para los NAPs de segundo nivel para la red de Distribución 3 a) para en NAP 3.1 b) NAP 3.2 c) NAP 3.3 d) NAP 3.4 Fuente: (Red FttH, 2023)

Ahora debemos concluir con las reservas para la Distribución 4 de los NAPs de nivel dos. Esto podemos evidenciarlo por la herramienta red FttH en la siguiente figura 95.

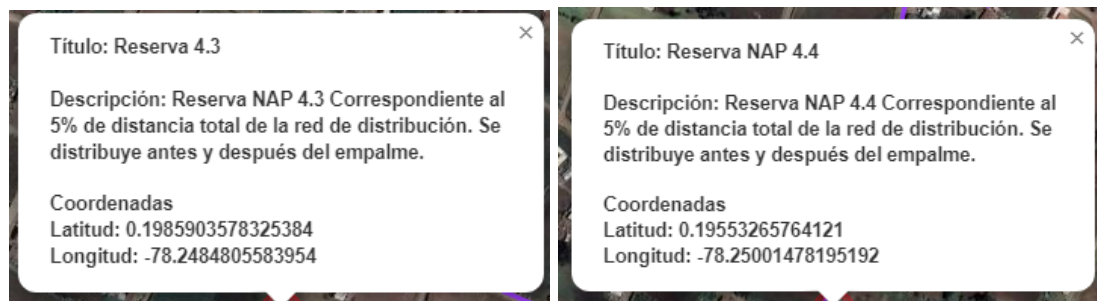
**Figura 95:**

*Descripción de reservas para los NAPs de nivel dos en la red de Distribución 4, en la herramienta de diseño Red FTTH*



a)

b)



c)

d)

*Nota:* descripciones de cada reserva para los NAPs de segundo nivel para la red de Distribución 4 a) para en NAP 4.1 b) NAP 4.2 c) NAP 4.3 d) NAP 4.4 Fuente: (Red FttH, 2023)

### **3.7.8 Diseño definitivo de la Red XGPON**

Después de haber completado la caracterización, ubicación y descripción de todos los elementos de la red que se propone, se requiere crear una tabla de simbología que nos ayude a identificar cada uno de estos elementos en el mapa. Los elementos incluyen OLT, NAP de nivel uno, NAP de nivel dos, red Feeder, red de Distribución y reservas, los cuales fueron utilizados en



la herramienta en línea Red FTTH, previamente descrita. La figura 96 muestra el diseño de red superpuesto en un mapa satelital brindado por Red FTTH, que contiene relieves, casas, terrenos, vías principales y secundarias, y también el diseño de la red de fibra óptica que hemos realizado para este trabajo de titulación.

**Figura 96:**

*Diseño definitivo de la red FTTH ensamblado un mapa con vista satelital de la comunidad Chuchuquí.*

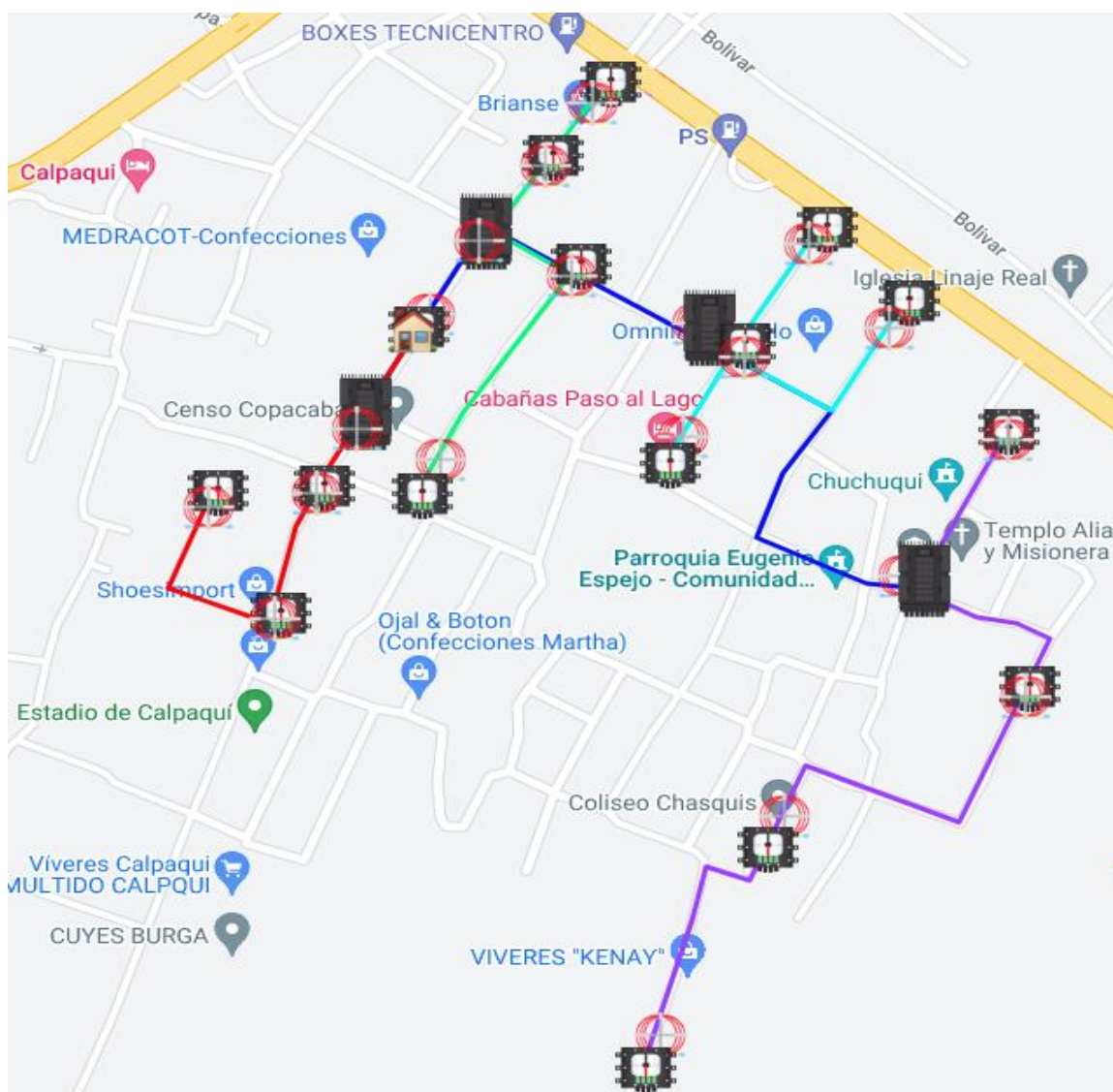


Fuente: (Red Fth, 2023) Modificado: Autor

Esta herramienta nos brinda también otras formas adicionales de visualización de nuestro diseño de Red de Fibra Óptica, en este caso en la figura 97 podemos ver el mapa base de la comunidad, en el cual hay información sobre las calles y lugares reconocidos del sector, o puntos de más interés de la zona.

**Figura 97:**

*Diseño definitivo de la red FTTH acoplado en un mapa base de la comunidad Chuchuquí.*



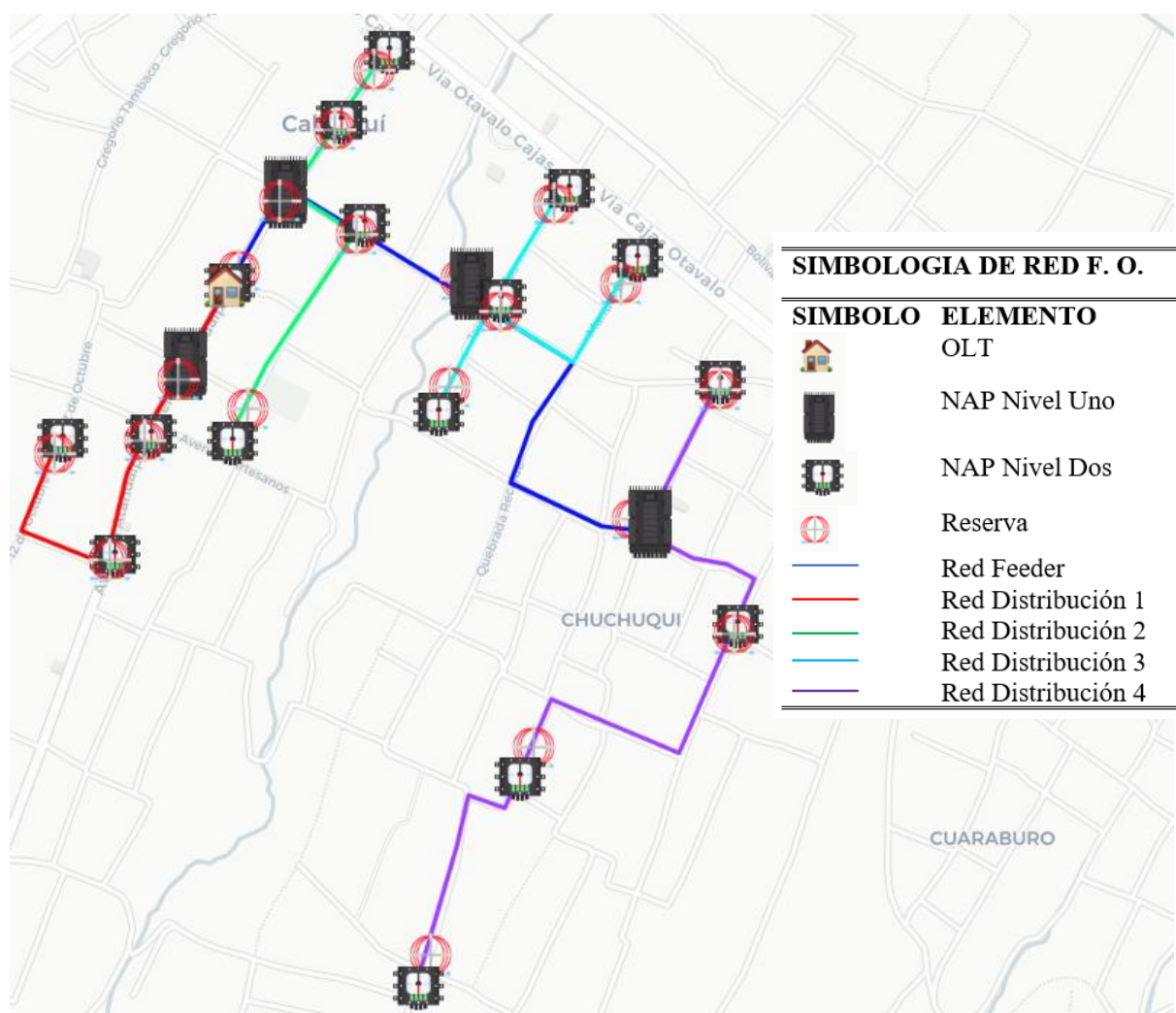
Fuente: (Red Fth, 2023) Modificado: Autor



Por último, también podemos acceder a través de esta herramienta (Red FttH), las rutas de nuestra red en un mapa limpio. Esto sirve para poder observar únicamente las rutas hechas de nuestro diseño en el sector, a través de las calles que se visualiza mejor. Incluso en esta parte se procede a poner la simbología para que se comprenda mejor la red establecida. En la figura 98 observamos lo que acabamos de describir.

### Figura 98:

*Diseño con mapa limpio y simbología de la red FTTH en la comunidad Chuchuquí*



Fuente: Autor

El diseño de una red de fibra óptica con acceso FTTH y estándar XGPON ha sido completado con este último paso. Se describieron los componentes tanto pasivos como activos de la red siguiendo un proceso incremental que incluyó requerimientos, criterios, cálculos teóricos y diseño de red. Ahora, el diseño debe ser verificado a través de una simulación y se evaluará su viabilidad económica considerando presupuestos y características técnicas de los equipos que posiblemente conformarán esta red diseñada.

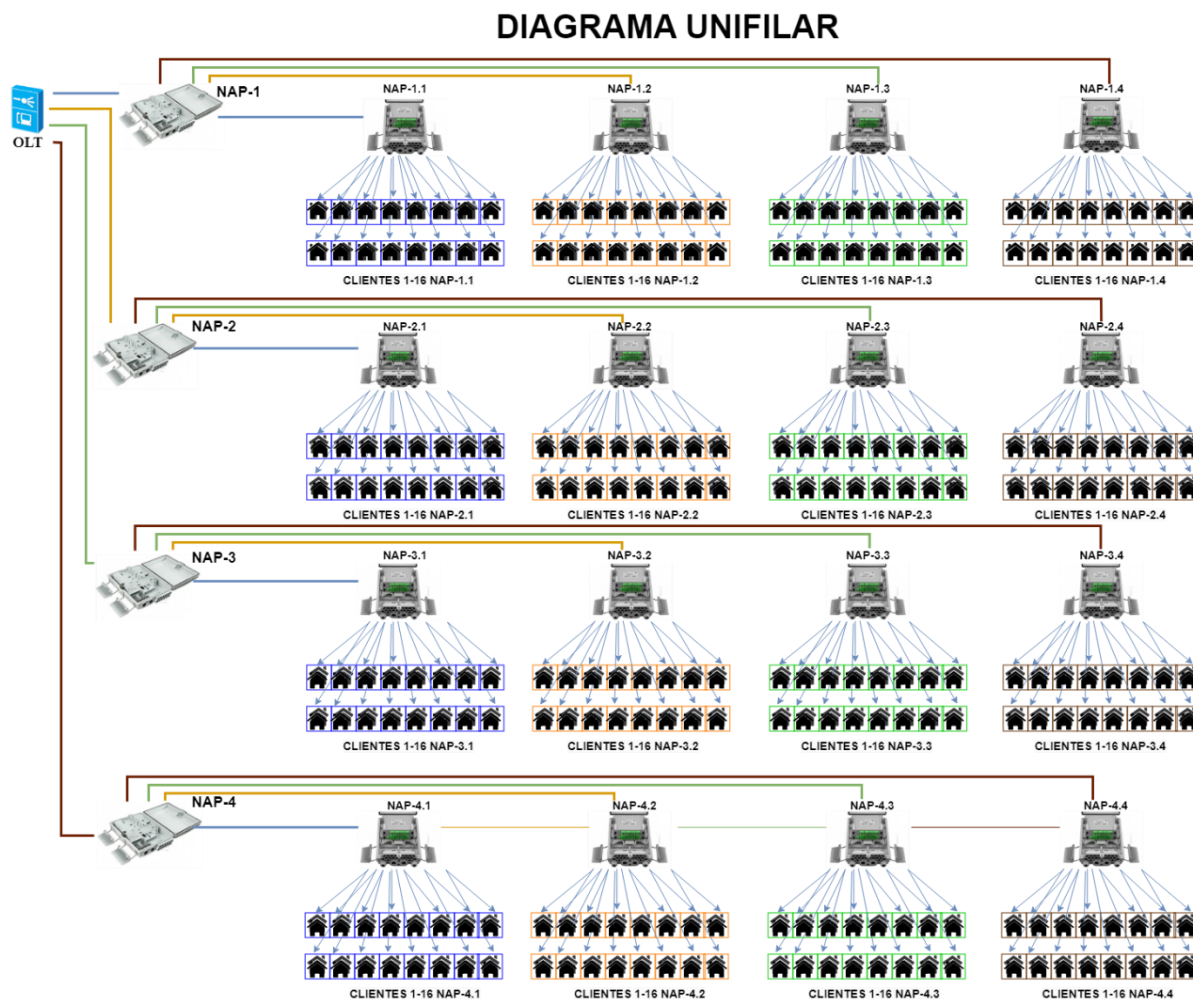
### **3.7.9 *Diagrama Unifilar***

Una vez completado el diseño detallado de todos los elementos de la red de fibra óptica, se presenta en la Figura 99 el diagrama unifilar que sirve como base para la red XGPON en este proyecto. A través de este diagrama, se puede visualizar la distribución de cada hilo de fibra óptica, su conexión a los NAP de primer y segundo nivel, y la red de dispersión que llega a los usuarios finales a través de la ONT.

En los Anexos podemos ver el archivo de este diagrama unifilar por si se necesitase.

Figura 99:

*Descripción del Diagrama Unifilar del Diseño de Red*



Fuente: Autor

### 3.7.10 Simulación de Red de fibra óptica

En esta parte del proyecto, describiremos la simulación de la red de fibra óptica, del cual se describe el diagrama explicado más didácticamente cada segmento de la red del proyecto. Esta simulación estará descrita por secciones como tenemos nuestro diagrama de la arquitectura de

red, entre estos están: OLT, la red Feeder, NAP de primer nivel, red de distribución, NAP de segundo nivel, red dispersión y ONT.

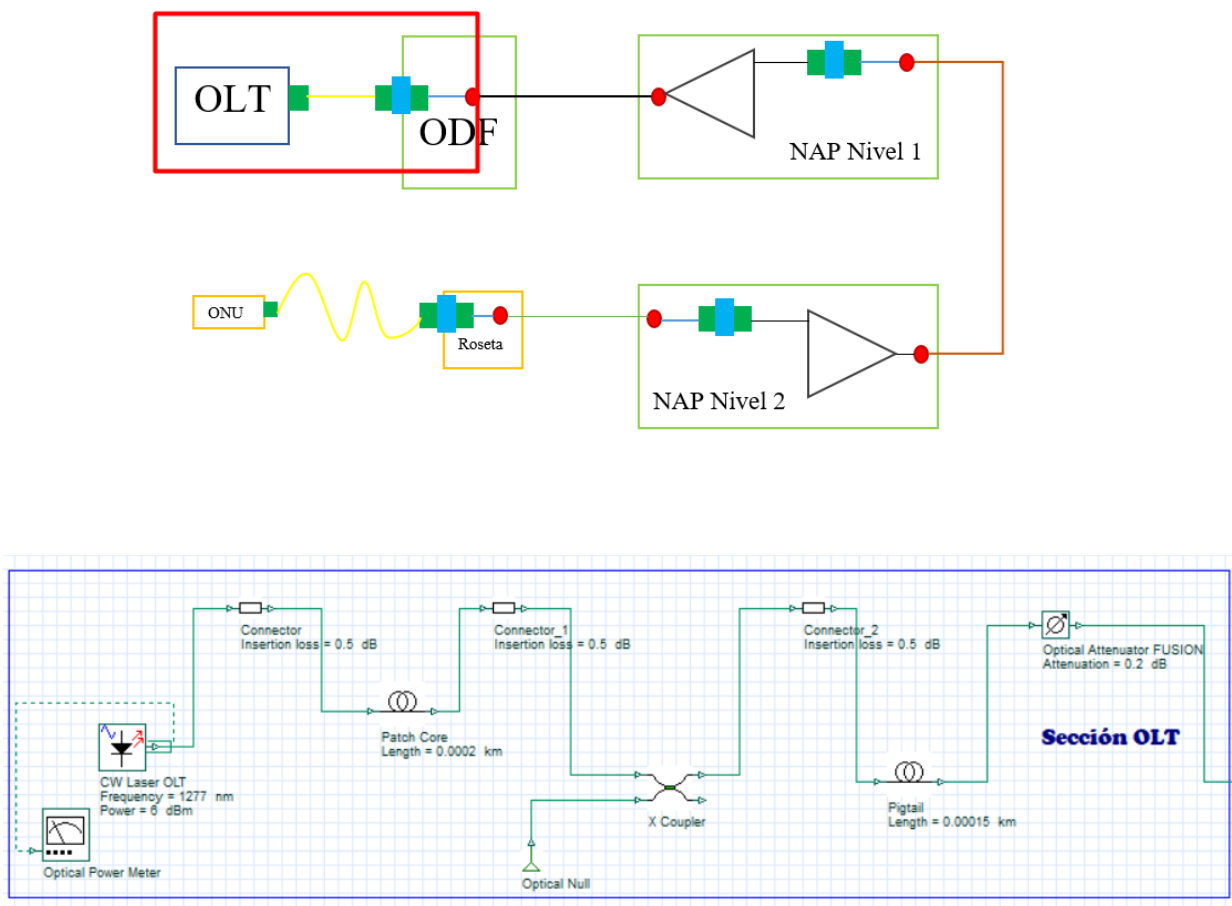
Para esto tendremos nuestra referencia de la arquitectura para realizar la simulación acorde a lo realizado en la figura 66.

En la figura 100 podremos observar la sección de OLT con sus elementos.

Podemos ver primero y principal, la fuente óptica, en la cual se debe colocar parámetros en cálculos anteriores.

**Figura 100:**

*Diagrama de simulación de la red de fibra óptica con sus componentes, sección OLT.*



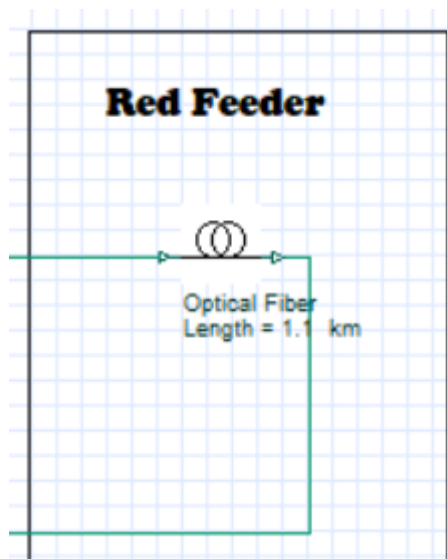
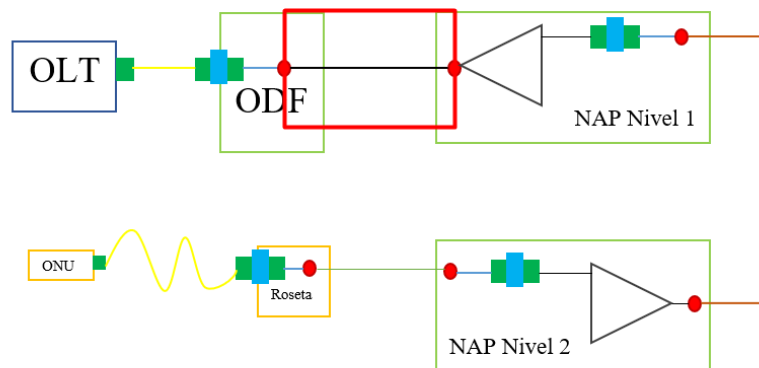
Fuente: (Optiwave, 2023) Elaborado por: Autor, tomando Figura 66 para referencia.

Continuando con el diagrama de la arquitectura de la red, podemos observar la sección de la Red Feeder.

La siguiente figura 101 nos indica la sección Feeder.

**Figura 101:**

*Diagrama de simulación de la red de fibra óptica con sus componentes, sección Feeder.*

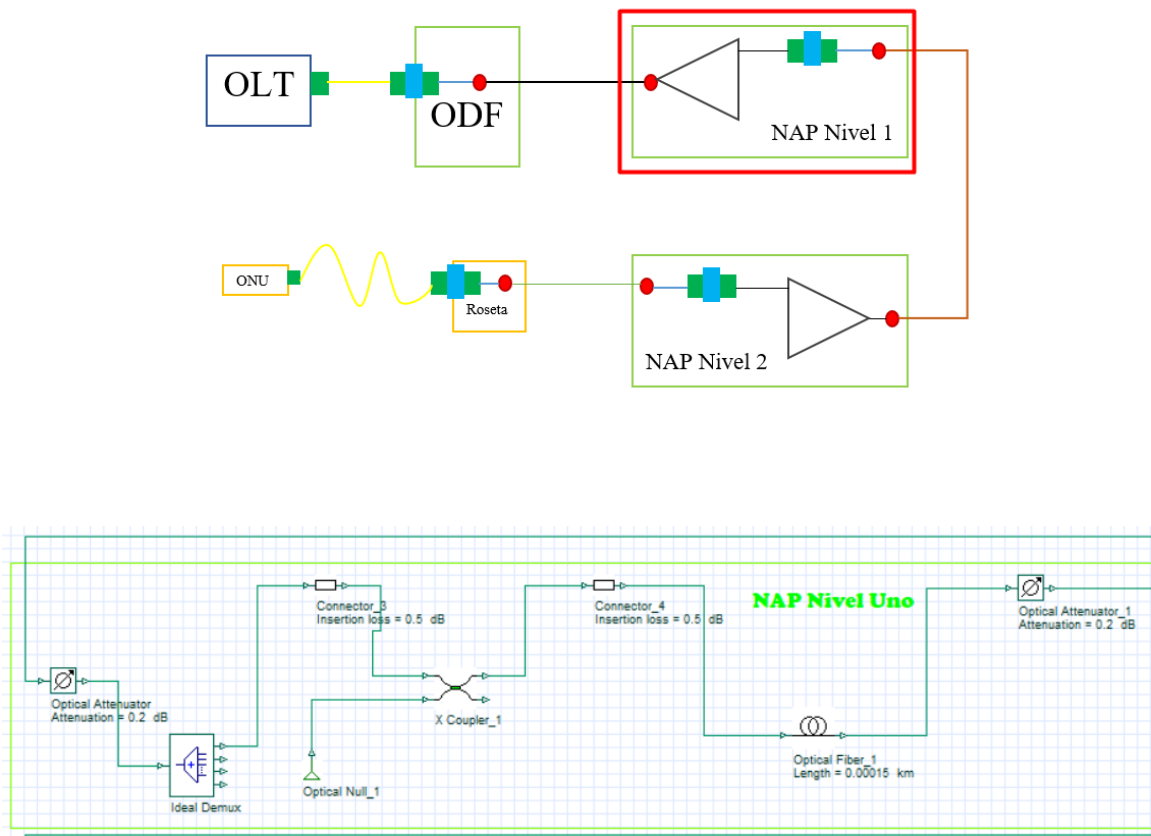


Fuente: (Optiwave Systems Inc., 2023) Elaborado por: Autor, tomando Figura 65 para referencia.

Luego pasamos a la sección de NAP de nivel uno. En la figura 102, encontraremos los diferentes componentes de este segmento, donde podemos observar claramente el divisor óptico 1:4, que es utilizado en el diseño de la red.

**Figura 102:**

*Diagrama de simulación de la red de fibra óptica con sus componentes, sección NAP Primer Nivel.*

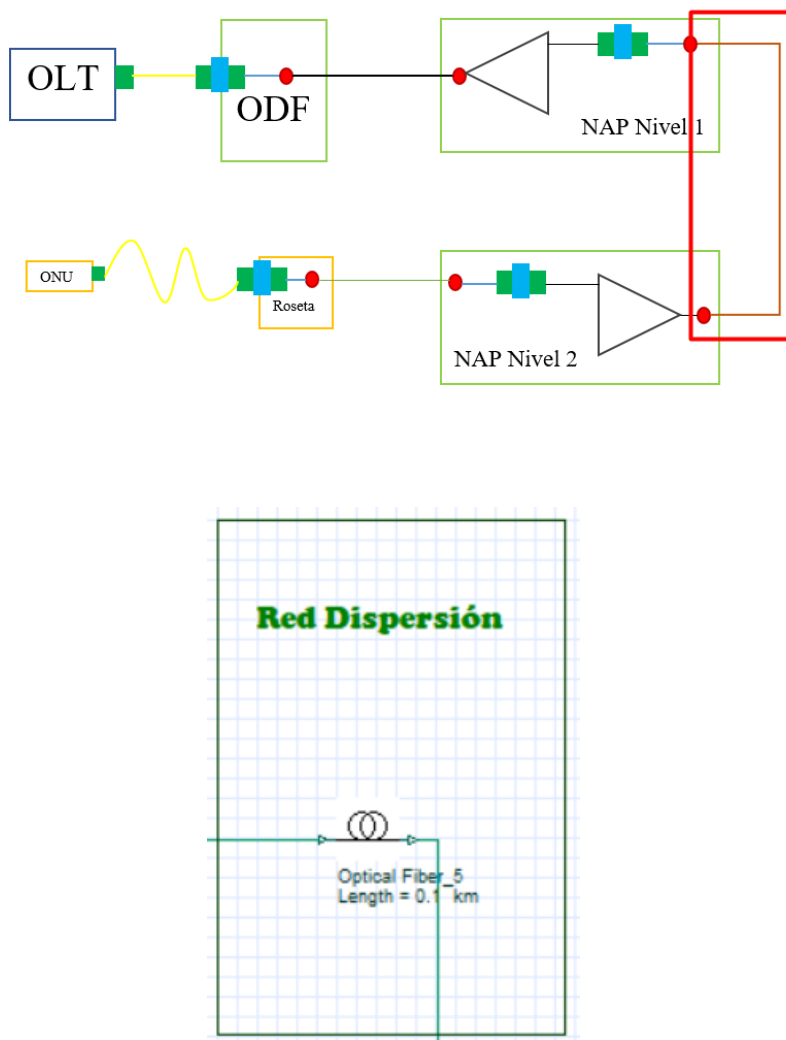


Fuente: (Optiwave Systems Inc., 2023) Elaborado por: Autor, tomando Figura 66 para referencia

Seguimos hacia la red de dispersión según el diagrama de arquitectura, podemos observar la longitud del cable de fibra óptica. La siguiente figura 103 nos indica esto en el programa de simulación.

**Figura 103:**

*Diagrama de simulación de la red de fibra óptica con sus componentes, sección de red de Dispersión.*



Fuente: (Optiwave Systems Inc., 2023) Elaborado por: Autor, tomando Figura 66 para referencia

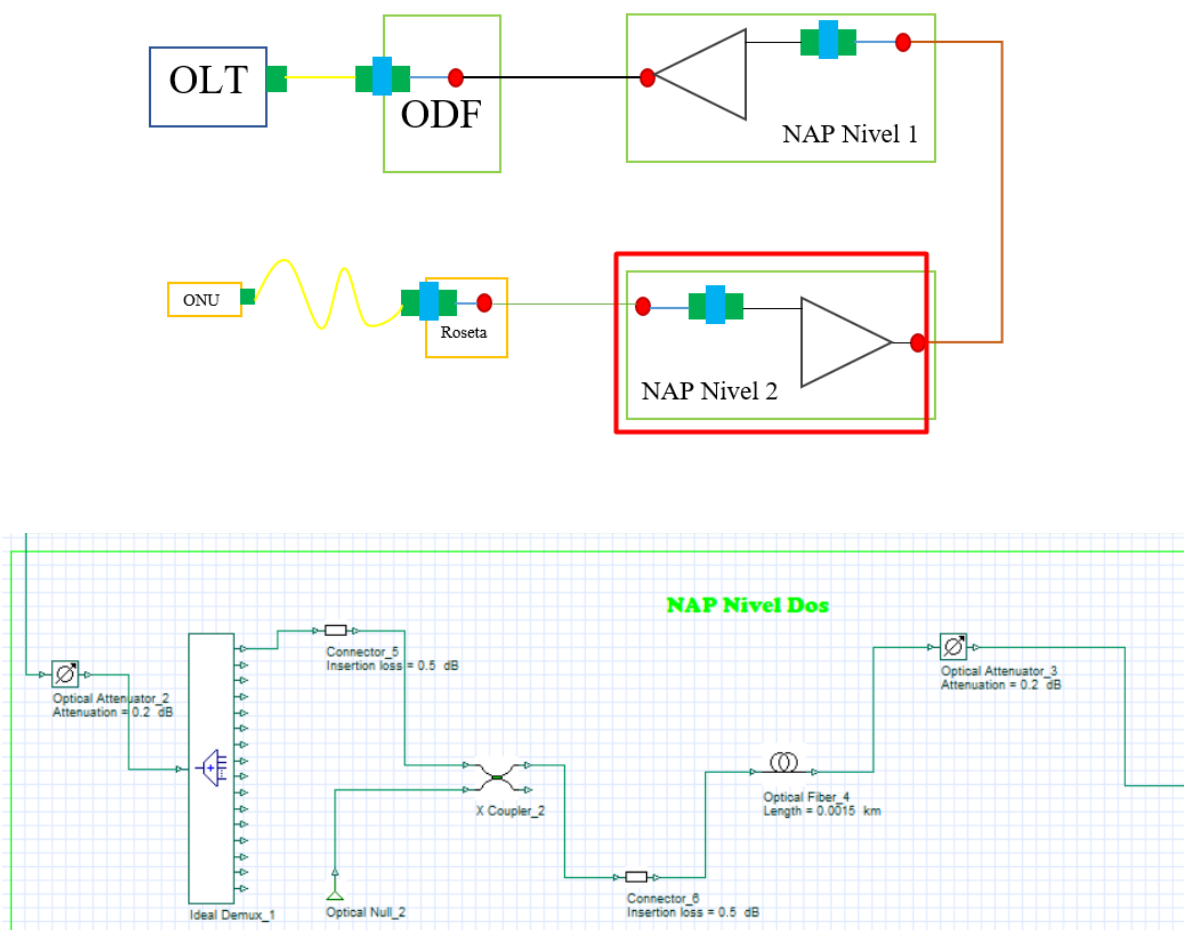
Continuando con el camino de la transmisión según la arquitectura de la red de la figura 66, analizamos la sección de NAP de nivel dos, la siguiente figura 104 podemos observar los



elementos con respecto a la simulación. Podemos observar el diagrama claramente el divisor óptico, con respecto a una división 1:16.

**Figura 104:**

*Diagrama de simulación de la red de fibra óptica con sus componentes, sección de NAP de nivel dos.*

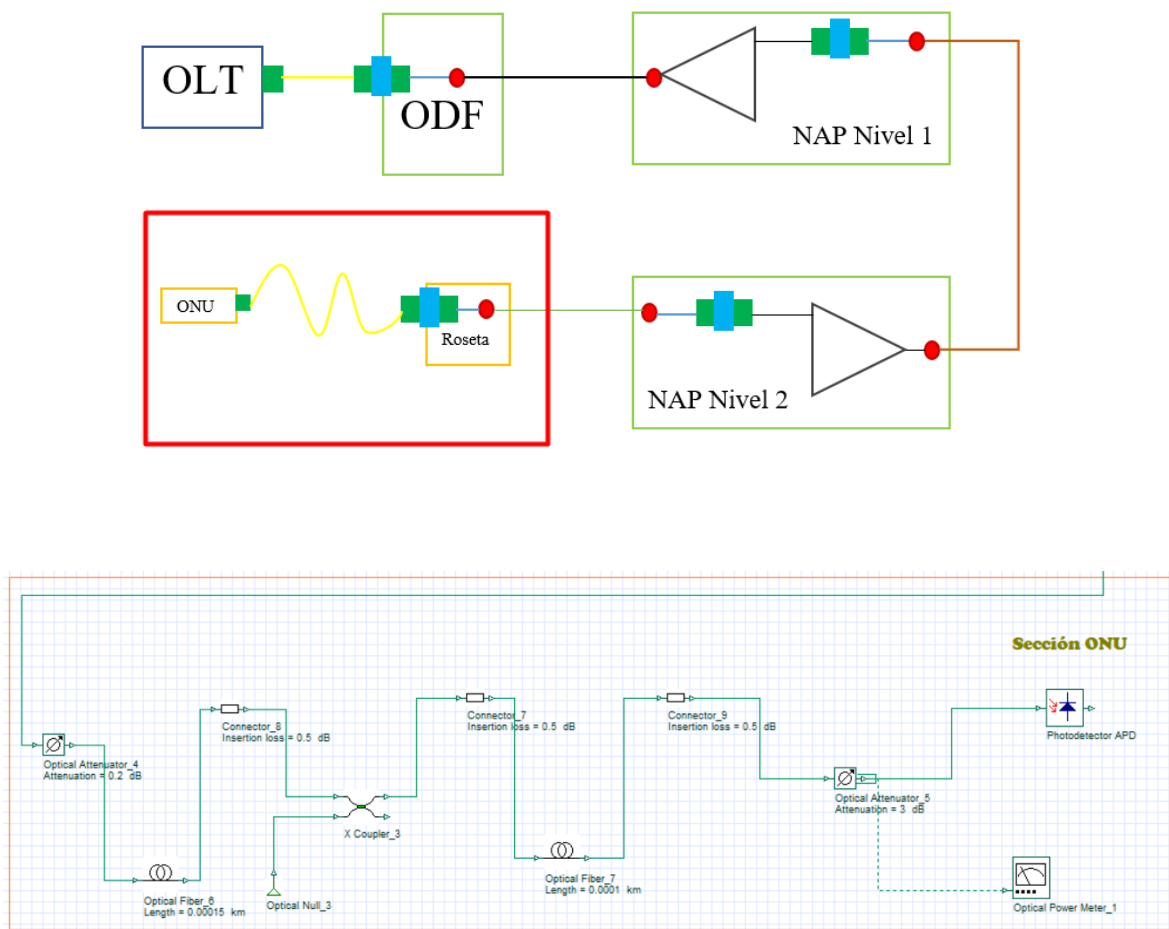


Fuente: (Optiwave Systems Inc., 2023) Elaborado por: Autor, tomando Figura 66 para referencia.

Para finalizar según nuestro diagrama de arquitectura de la figura 66, pasamos a la ONU. En esta parte podemos medir la potencia óptica que llega al receptor óptico con la señal que llega. En la figura 105 podemos observar esta sección en el diseño de simulación.

**Figura 105:**

*Diagrama de simulación de la red de fibra óptica con sus componentes, sección de ONU.*

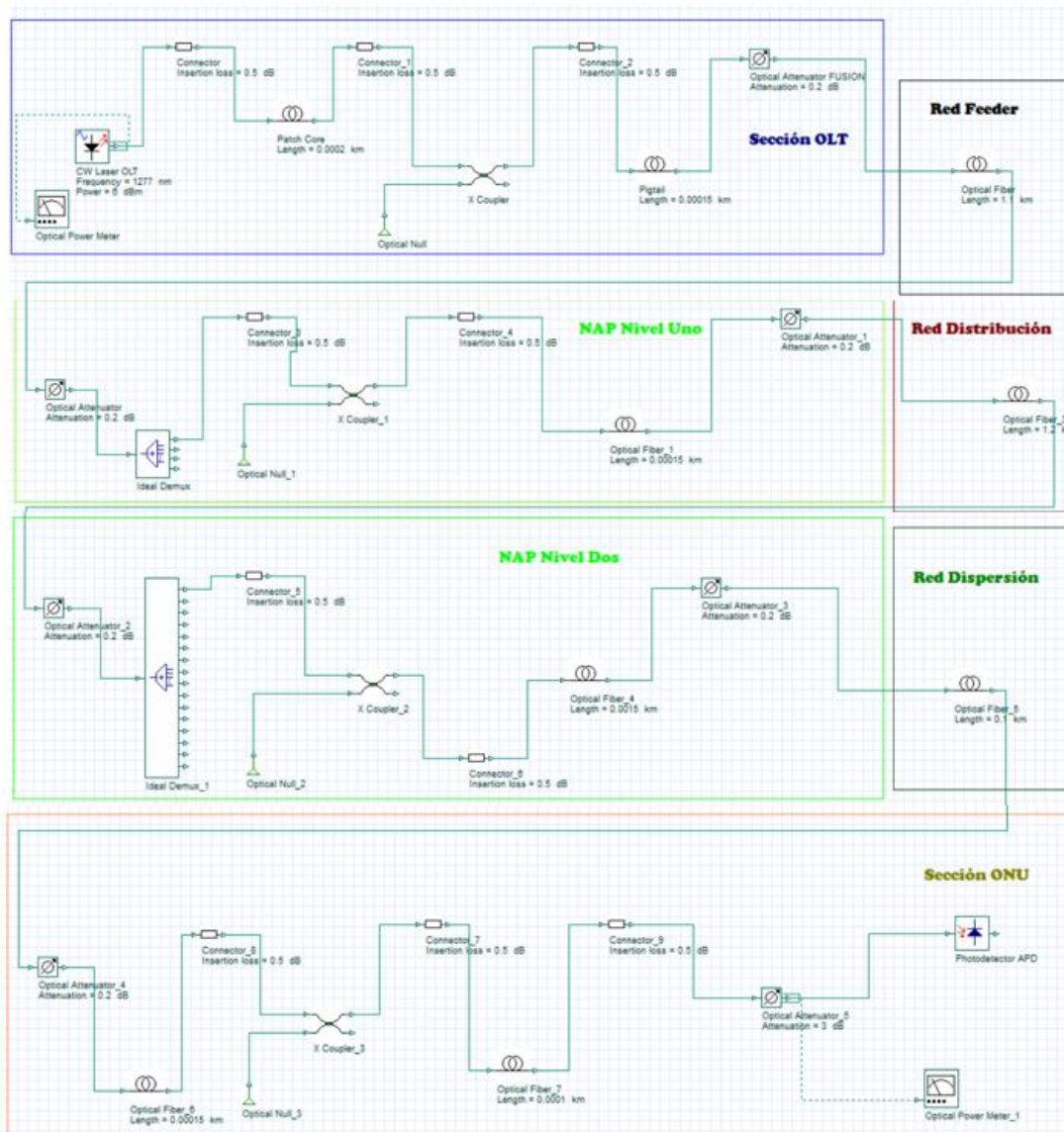


Fuente: (Optiwave Systems Inc., 2023) Elaborado por: Autor, tomando Figura 66 para referencia.

Todos estos componentes de arquitectura acoplados dentro de la simulación los podemos observar en la figura 106.

**Figura 106:**

*Diagrama de Arquitectura en la Simulación*

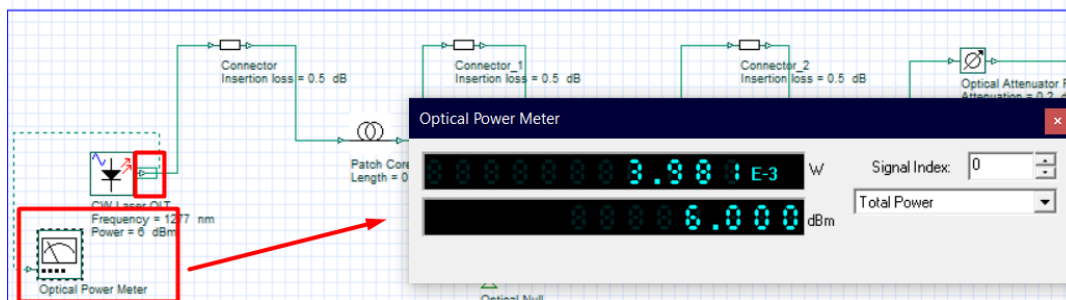


Fuente: (Optiwave Systems Inc., 2023) Elaborado por: Autor

Para esta simulación debemos colocar los parámetros necesarios para su correcto funcionamiento, como pueden ser las longitudes de onda, las atenuaciones de cada componente, las longitudes de fibra óptica y la potencia del emisor. Según lo establecido en el apartado sobre el cálculo de pérdida de potencia óptica (sección 3.6.10.1 de este documento), durante los cálculos analíticos se deben considerar dos posibles situaciones: uno para el caso del cliente cercano y otro para el caso del cliente lejano. Al inicio de la red óptica, se estableció la potencia óptica del caso del emisor en +6 dBm como potencia máxima, este valor está definido en la Tabla 16 que está basada en la recomendación (ITU-T G.987.2, 2016) y cumpliendo este parámetro se ha tomado en cuenta para esta simulación. En la figura 107, podemos ver el valor medido simulado, el cual será utilizado para ambos casos (cliente lejano y cliente cercano).

**Figura 107:**

*Medida de la potencia óptica en dBm en la salida del emisor óptico en la red simulada.*



Fuente: (Optiwave Systems Inc., 2023) Elaborado por: Autor

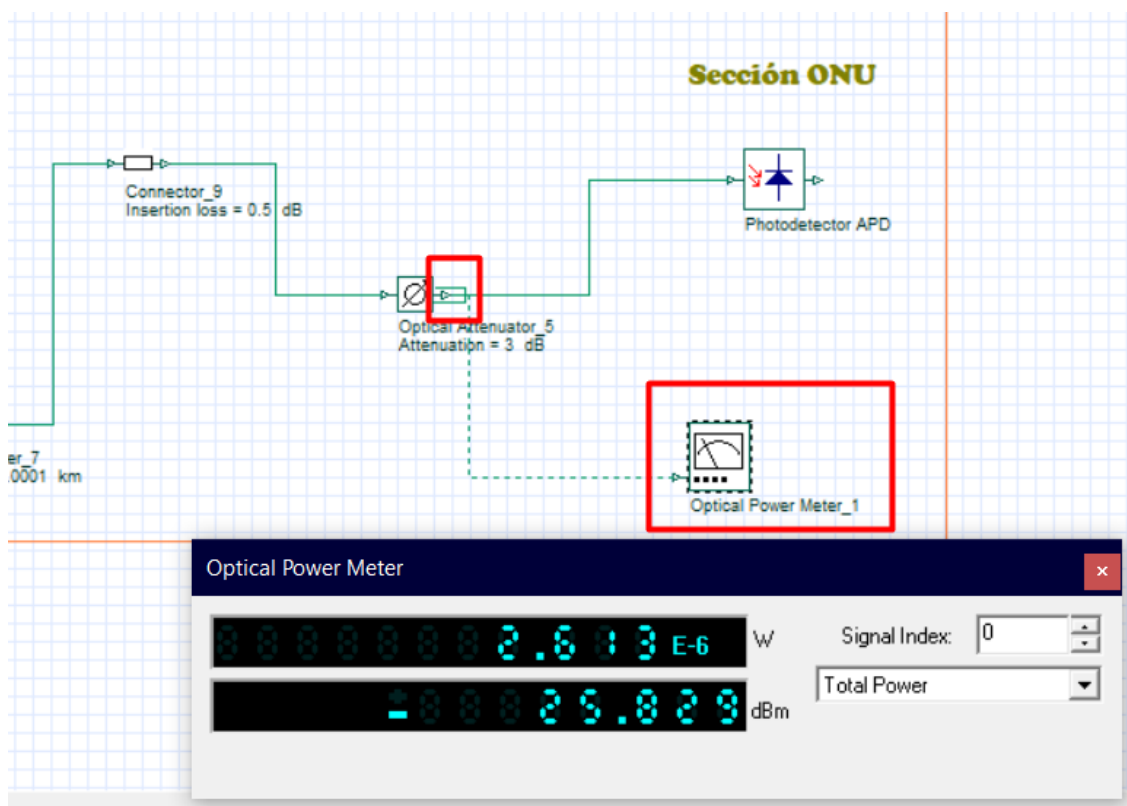
### 3.7.10.1 Caso para cliente lejano (Simulación)

Teniendo en cuenta todos los cálculos realizados en el apartado 3.6.10.1, incluyendo todos los datos necesarios como las pérdidas por empalmes, número de empalmes, pérdidas por conectores, número de conectores y pérdidas por splitter, se calculó en 3.6.10.8 la potencia que

recibiría el receptor óptico. En la simulación de la red, al medir la potencia que entrará en el receptor óptico, obtenemos los resultados descritos en la figura 108.

**Figura 108:**

*Información en la simulación sobre la potencia óptica del cliente lejano*



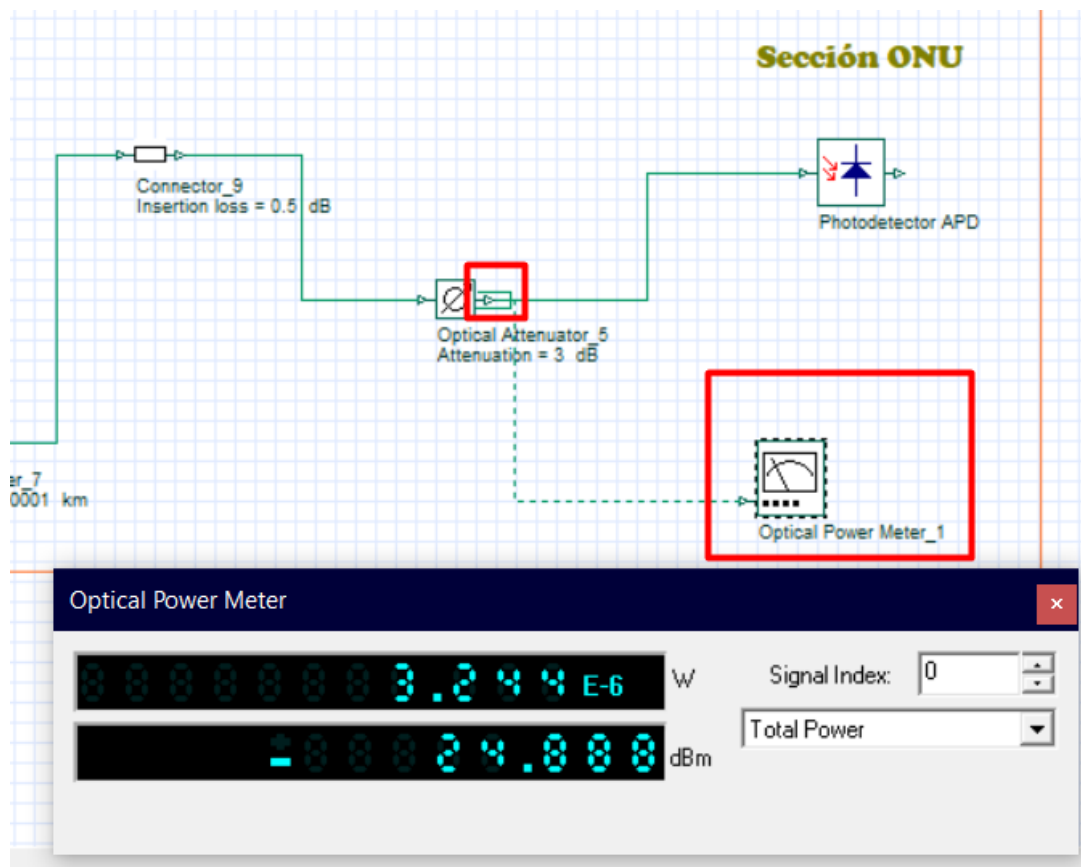
Fuente: (Optiwave Systems Inc., 2023) Elaborado por: Autor

### 3.7.10.2 Caso para cliente cercano (Simulación)

Para este caso los datos serán similares con lo del cliente lejano, con la variación que las longitudes son diferentes, donde la red troncal y distribución estarán con la distancia al cliente más cercano. Al colocar esta diferencia de distancias podremos ver el valor de potencia recibida por el receptor óptico en la simulación para este caso de cliente cercano en la ONU del cliente más cercano.

**Figura 109:**

*Información en la simulación sobre la potencia óptica del cliente cercano*



Fuente: (Optiwave Systems Inc., 2023) Elaborado por: Autor

### 3.7.10.3 Resultados arrojados con las simulaciones y comparativa

Haremos una comparación de los valores arrojados por la simulación para comparar los cálculos matemáticos realizados con las ecuaciones con los datos arrojados por la simulación. La siguiente tabla 23 nos muestra esta comparación con estos datos. Estos valores los tomaremos según las figuras 108 y 109 correspondientes a la simulación que hemos realizado. Por otro lado, los datos calculados matemáticamente corresponden a las Ecuaciones 21 y 22.

**Tabla 23**

*Tabla comparativa entre datos calculados y simulados sobre las potencias ópticas obtenidas a la entrada de receptor óptico de cliente lejano y cercano.*

	<b>Potencia de emisor óptico</b>	<b>Potencia de receptor óptico datos simulados</b>	<b>Potencia de receptor óptico datos matemáticos</b>
<b>Cliente lejano</b>	+ 6.00 dB	-25.829 dB	-25.67 dB
<b>Cliente cercano</b>	+ 6.00 dB	-24.888 dB	-24.841 dB

Fuente: Autor

La tabla 23 nos presenta los valores tanto simulados como matemáticos siendo prácticamente los mismos con pequeñas variaciones así que parcialmente diríamos que son los mismos. Esto es debido a la variación entre distancias de la fibra óptica, sin embargo, no son considerables para la realidad. Con lo que podemos confirmar que prácticamente en simulación y cálculos estaríamos correctos en la red de fibra óptica, y que funcionaría con normalidad dentro de las especificaciones de XGPON y teniendo una buena red FTTH, así como siendo robusta con este diseño.

#### 4      **CAPÍTULO IV: ANALISIS COSTO-BENEFICIO**

En este capítulo se va a analizar la parte que trata sobre el apartado financiero del proyecto. Este, como el ámbito que tiene la empresa al cual está dirigido es de carácter de privado, ya que esta es de este tipo, por lo tanto, es necesario revisar los costos para la inversión que va a tener que realizar y los ingresos que va a obtener, es decir tener un análisis costo beneficio. Para ello debemos analizar una proyección sobre ingresos que se pueden obtener en un tiempo determinado lo cual nos determina un retorno de una inversión, lo cual permite calcular el beneficio que se podrá obtener. Lo cual nos demostrará una rentabilidad del proyecto, con los rubros para esta empresa, que podrán ser usados para posibles expansiones futuras con análisis similares.

Primero debemos analizar y evaluar costos que se van a estimar sobre los equipos que podrían ser seleccionados para utilizarse en esta red de XG-PON. Lo que nos servirá para el cálculo total que se destinaría al proyecto. Dentro de esto está revisar y analizar características tanto técnicas como físicas de los equipos que tengan un buen precio del mercado, lo cual permitirá seleccionar los más acordes para este diseño de red, logrando que esta sea lo más eficiente que se nos sea posible en base a las recomendaciones de la ITU (UIT-T G.987.1, 2016)

En secciones siguientes podemos encontrar esta información referente a sus costos estimados, dados a conocer por los vendedores y distribuidores de estos equipos.

Luego de tener dichos costos, debemos usar indicadores económicos VAN y TIR que nos sirven para la evaluación de si el proyecto es viable o inviable. Para ello, se debe hacer el cálculo de flujo de caja, otros ingresos y gastos adicionales en la investigación.



## **4.1 Características y costos de los equipos.**

El proceso de selección de equipos comenzará con los equipos activos en la red de fibra óptica, y luego se continuará con los equipos asociados a la parte pasiva. Se proporcionarán detalles técnicos para obtener la máxima información sobre el equipo y se considerarán alternativas si cumplen con los requisitos de la red de fibra óptica.

### **4.1.1 OLT- Costos y Especificaciones**

Para este elemento debemos revisar que cumpla con características de la tecnología XG-PON que se basa en la norma ITU (UIT-T G 9.87.2, 2020)

La proyección de esta red quiere llegar a tener hasta un número de 256 abonados, dentro del uso de 4 hilos para la red troncal de este diseño de red. De esto tendríamos en cuenta que contará con 64 líneas ópticas por cada puerto PON.

Una OLT que podría cumplir con estas especificaciones puede ser Huawei Huawei OLT Carrier Class Serie SmartAX EA5800 X2 AC-DC, cuenta con 1 tarjeta de 16 puertos expandible a 32.

Según (morphwifi,2023), nos dice que es un OLT para creación de redes de algunos tipos como: creación de redes de acceso de agregación inteligentes, de banda ultra ancha y ecológicas. El EA5800 brinda acceso a diferentes tipos de tecnologías de fibra óptica, incluyendo GPON, XG-PON, XGS-PON, GE y 10 GE, y soporta distintos modos de implementación de la red, como POL, FTTH, FTTB y FTTC. La red óptica es la encargada de brindar todos los servicios, lo que hace que la arquitectura de la red sea más simple y reduce los costos operativos (OPEX). El EA5800 está disponible en tres tamaños diferentes, lo que lo hace apropiado para cualquier situación, ya sea pequeña, mediana o grande.

En la figura 110 podemos ver este modelo de OLT, y sus características pueden ser observadas en la tabla 23.

**Figura 110:**

*Descripción del modelo de OLT Huawei SmartAX EA5800 X2*



Fuente: (YCICT, 2023)

En la siguiente tabla 24 podemos ver las especificaciones y características que presenta este modelo de OLT.

**Tabla 24***Especificaciones del producto Huawei SmartAX EA5800 X2*

<b>Marca</b>	<b>Huawei</b>
<b>Modelo</b>	EA5800-X2
<b>Gabinetes compatibles</b>	N63E-22
<b>Dimensiones</b>  <b>(ancho x profundidad x alto)</b>	2U alto y 19 pulgadas de ancho  Excluyendo soportes de montaje: 442 mm x  268.7 mm x 88.1 milímetro
<b>Peso máximo (incluyendo soportes de montaje)</b>	9.4 kg
<b>Corriente de entrada máxima</b>	Fuente de alimentación DC: 20A  fuente de alimentación de CA: 8A  Soporte de alimentación de CC (doble para respaldo)
<b>Modos de fuente de alimentación</b>	fuentes de alimentación de CA + batería para respaldo
<b>Rango de voltaje de trabajo</b>	Fuente de alimentación DC: -38.4V a -72V  fuente de alimentación de CA: 100V a 240V
<b>Tensión nominal</b>	Fuente de alimentación DC: -48V/-60V  fuente de alimentación de CA: 110V/220V
<b>Capacidad de conmutación de la placa de control (modo de reparto de carga)</b>	480 Gbit/s

<b>Ancho de banda máximo por ranura de servicio (modo de reparto de carga)</b>	80 Gbit/s
<b>Capa del sistema 2 Tasa de reenvío de paquetes (modo de reparto de carga)</b>	714 Mpps
<b>Número máximo de usuarios de video 4K simultáneos</b>	2,000
<b>Número máximo de direcciones MAC</b>	262,143
<b>Número máximo de entradas de enrutamiento/ARP</b>	131,072
<b>Puertos GPON/XG(S)-PON Puertos</b>	32
<b>Puertos GE/FE</b>	96
<b>10 puertos GE</b>	16

---

Fuente: (YCICT, 2023)

El valor de este OLT según la página (Morphwifi,2023) estará descrito en la siguiente tabla 25 en 4680.85\$, esto se utilizará para realizar los costos después con la sumatoria de todos los elementos de la red.

### **Tabla 25**

*Tabla de detalle de costo de OLT*

<b>Elemento de Red</b>	<b>MODELO</b>	<b>Costo Unitario</b>	<b>Número de Unidades</b>	<b>Sub Total</b>
	SmartAX EA5800			
<b>OLT</b>	X2	\$4680.85	1	\$4680.85

<b>TOTAL</b>	\$4680.85
--------------	-----------

---

Fuente: (Morph Wifi, 2023)

#### 4.1.2 ODF- Costos y Especificaciones

En este equipo pasivo, debemos tener en cuenta que va a ir conectado los hilos de trabajo de la OLT. Al seleccionar este debemos recordar que cumpla nuestros requerimientos para la red, en este caso se seleccionara un ODF de 48 hilos. La siguiente figura 111 nos muestra un ODF de 48 hilos, marca DANGER de la página de Mercado Libre Ecuador.

#### Figura 111:

*Descripción de elemento ODF para la red de Fibra Óptica*



Fuente: (Mercado Libre, 2023)

La siguiente tabla 26 nos describe los costos de este elemento para nuestra red de fibra óptica.

**Tabla 26***Tabla de detalle costo ODF*

<b>Elemento de</b>	<b>MODELO</b>	<b>Costo</b>	<b>Número de</b>	<b>Sub</b>
<b>Red</b>		<b>Unitario</b>	<b>Unidades</b>	<b>Total</b>
<b>ODF</b>	ODF 48 Hilos Upc Completo Marca DANGER	\$85	1	\$85
<b>TOTAL</b>				\$85

Fuente: (Mercado Libre, 2023)

#### 4.1.3 ONU- Costos y Especificaciones

Para este elemento, debemos seguir teniendo en cuenta que tiene que ser utilizado para la tecnología XG-PON, es por eso que se debe seleccionar un modelo que soporte este tipo de tecnología para conformar la red de fibra óptica. Por esto en este caso se ha seleccionado en la misma marca que se tiene la OLT, ya que esta empresa cuenta con productos para esta tecnología y no existiría ningún problema en la compatibilidad, así también como son grandes equipos con los que se puede trabajar sin ningún problema con una gran cantidad de equipos interconectados.

Para este elemento, se ha seleccionado el modelo de la ONU de la marca Huawei EN8145X6. Según (Anvimur, 2023) es una ONT de tipo XG-PON y Wi-Fi 6 de enrutamiento. Esta utiliza XG-PON y Wi-Fi 6 para implementar el acceso de banda ultra ancha, el alto rendimiento y la amplia cobertura para los usuarios. El alto rendimiento de reenvío garantiza la experiencia del usuario en los servicios de voz y datos, y proporciona a los clientes una solución ideal de acceso totalmente óptico y una capacidad de soporte de servicios orientada al futuro. La figura 112 nos indica de manera más visual este elemento.

**Figura 112:**

*ONU marca Huawei, modelo EN8145X6 para tecnología XG-PON*



Fuente: (Anvimur, 2023)

La siguiente tabla 27 nos indica las características de este equipo.

**Tabla 27**

*Especificaciones de ONU Huawei EN8145X6*

<b>Tipo</b>	Routing
<b>Dimensiones (H x W x D)</b>	40 x 185 x 120 mm sin incluir las antenas
<b>Peso</b>	Sobre 400 gramos
<b>Humedad de funcionamiento</b>	5% a 95% RH (no condensaciones)
<b>Temperatura de funcionamiento</b>	0° a 40° C
<b>Fuente de alimentación del sistema</b>	11-14 V DC y 1.5 A

<b>Adaptador de potencia de entrada</b>	100-240 V AC 50/60 Hz
<b>Potencia consumida estática</b>	8 W
<b>Potencia máxima consumida</b>	18 W
<b>NNI</b>	XG-PON
<b>UNI</b>	4GE + 1POTS + 1USB + 2.4/5G WIFI 6AX
<b>Conector óptico</b>	SC/APC
<b>Indicadores</b>	Power/PON/LOS/LAN/TEL/USB/WLAN/WPS
<b>Modo de instalación</b>	En escritorio o en pared
<b>Certificación de cumplimiento</b>	CE/WIFI
	IEEE 802.11 b/g/n/ax (2.4G)
	IEEE 802.11 a/n/ac/ax (5G)
<b>WLAN</b>	2 × 2 MIMO (2.4G)
	2 × 2 MIMO (5G)
	Ganancia Antena: 5 dBi

---

Fuente: (Anvimur, 2023)

Ahora los costos para las ONUs/ONTs para este diseño de red están descritos en la siguiente tabla 28.

**Tabla 28**

*Costos por ONU para el Diseño de Red*

<b>Elemento de Red</b>	<b>MODELO</b>	<b>Costo Unitario</b>	<b>Número de Unidades</b>	<b>Sub Total</b>
<b>ONU</b>	EN8145X6	\$ 40	256	\$10240
<b>TOTAL</b>				\$10240

---

Fuente (Anvimur, 2023)



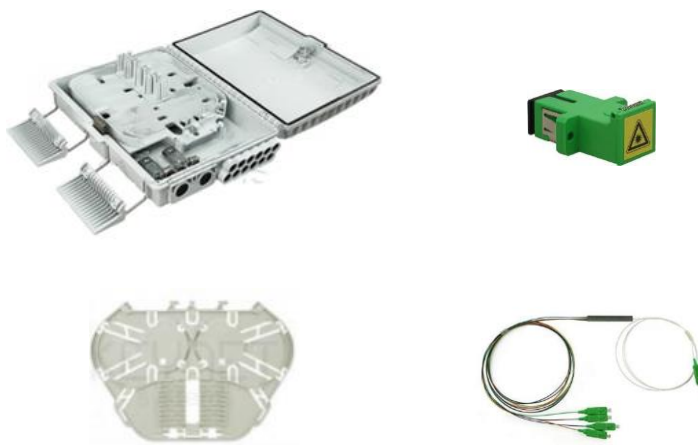
#### 4.1.4 NAP nivel Uno- Costos y Especificaciones

Otro de los equipos pasivos que son necesarios para esta red de fibra óptica, y refiriéndonos con nuestra arquitectura de red, se procede a ver costos de las NAP de nivel uno, colocados en la red Feeder. Como tenemos 4 NAPs de nivel uno existe una división 1:4, esto se debe tener en cuenta para el splitter.

En estas NAPs se va a realizar el sangrado de la red de Feeder, se ha revisado y se tomado para este caso un modelo con capacidad de hasta 12 fusiones, lo que sería suficiente para este modelo de diseño, dicho NAP es el modelo FDO-3012-A, que adicionalmente se le debe agregar un divisor óptico en este caso para 1:4, que se escogerá el modelo CSP-0410 de la marca Connection, una bandeja para empalme de 9 fusiones modelo ELT-A2, y acopladores SC-APC de modelo en este caso TA-SA207-S-BX. La figura 113 nos muestra estos elementos para completar la NAP de nivel uno.

#### Figura 113:

*Elementos que conformarán las NAPs de nivel uno para el diseño de Red de Fibra Óptica*



Fuente: (KEYNET Systems, 2023d)(Sincables, 2023)

La siguiente tabla 29 describe las características de esta NAP para sangrado.

**Tabla 29**

*Características de NAP modelo FDO-3012-A*

<b>Material de Fabricación</b>		PC + ABS -UL 94V-0
<b>IP</b>		65
<b>Tapa</b>		Abatible lateral derecho mediante bisagras
<b>Sistema de Cierre</b>		2 solapas + 4 horquillas metálicas + llave
<b>Puertos Entrada</b>	Entrada	Mid-span 2 x $\varnothing$ 16mm - Cables $\varnothing$ 6 a 12 mm
	Fijación	2 bridas metálicas + tensor
<b>Salidas acometidas</b>	Toma de Tierra	Si
	Salida	12 x $\varnothing$ 4 mm (máx. cable)
	Sellado puertos	Grommet
<b>Bandeja para empalmes de fibra</b>		1 x 24 (fusión)
<b>Capacidad total de empalmes</b>		24 (doble altura)
<b>Capacidad para splitters PLC</b>		2
<b>Guía enrutar fibra</b>		Integrada en bandeja + tubo guía
<b>Radio curvatura</b>		55 mm
<b>Color</b>		Gris
<b>Medidas</b>	Ancho	195
	Largo	255

	Fondo	80
<b>Peso</b>	Gr	900

Fuente: (Keynet Systems,2023)

Para saber los costos totales de estas NAPs, ponemos a esta, más los elementos necesarios para completar la NAP, los cuales describimos anteriormente, que son el divisor óptico, la bandeja de empalme y los acopladores, lo cual esta descrito en la siguiente tabla 30.

**Tabla 30**

*Costos de todos los componentes de NAP nivel uno para XG-PON*

<b>Elemento de Red</b>	<b>MODELO</b>	<b>Costo Unitario</b>	<b>Número de Unidades</b>	<b>Sub Total</b>
<b>NAP Nivel uno</b>	FDO-3012-A	\$ 36.31	4	\$145,24
<b>Divisor Óptico</b>	CSP-0410	\$7.78	4	\$31,12
<b>Bandeja de Empalmes</b>	ELT-A2	\$3.09	4	\$12,36
<b>Acoplador SC</b>	TA-SA207-S-BX	\$0.60	4	\$2,40
<b>TOTAL</b>				\$191,12

Fuente: (KEYNET Systems, 2023)(Sincables, 2023)

#### **4.1.5 NAP Nivel dos-Costos y Especificaciones**

Ahora revisaremos la parte de las NAPs de nivel dos, estas son parecidas a las de nivel uno por su estructura, pero la diferencia es que estas se conectarán con la red de dispersión por lo que llegarán a los diferentes clientes o usuarios finales por cada puerto. En esta parte debemos tener una división de 1:16 de cada hilo que llega desde la red de distribución.

Para llenar estos aspectos, se ha tomado en cuenta el modelo de NAP FDO-4016B-CAS116SA, debido a que esta cuenta ya con los elementos completos de la NAP, como los acopladores y los empalmes 8/16 para el uso de fusiones, e incluso cuenta con el divisor óptico ya de 1:16. Así pues, podemos observarlo en la siguiente figura 114.

**Figura 114:**

*Elementos que conforman las NAPs de nivel dos, modelo FDO-4016B-CAS116SA*



Fuente: (Keynet Systems, 2023)

La siguiente tabla 31 nos muestra los detalles y características que presenta esta NAP.

**Tabla 31**

*Características NAP nivel dos, modelo FDO-4016B-CAS116SA*

<b>Material de Fabricación</b>	<b>PC+ABS</b>
<b>IP</b>	65
<b>Tapa</b>	Abatible Superior
<b>Sistema de cierre</b>	2 pestillos laterales + tornillo cierre de seguridad
<b>Puerto Principal</b>	Tipo Oval mid-span
	Diámetro 2x14mm

	Fijación	Abrazadera+ tensor
	Cantidad	2
<b>Puertos de segregación</b>	Diámetro	PG 13.5 -12.5mm
	Fijación	Abrazadera + tensor
	Cantidad	16
<b>Puertos de Acometida</b>	Diámetro exterior	11mm
	Diámetro del cable	3mm
	Fijación	Grommet
<b>Bandeja para empalmes de fibra</b>		1
<b>Capacidad total de empalmes</b>		8/16
<b>Guía enrutar fibra</b>		Integrada en Bandeja
<b>Radio curvatura</b>		30 mm
<b>Bandeja para Splitter cassette</b>		1
<b>Capacidad Splitter cassette</b>		2 1x8 ó 1 1x16
<b>Splitters PLC por bandeja</b>		2
<b>Capacidad de Splitters PLC</b>		2
<b>Capacidad adaptadores SC/LCdx</b>		16
	Ancho	175 mm
<b>Medidas</b>	Largo	285mm
	Alto	80mm
<b>Peso</b>		100 gr
<b>Color</b>		Gris

Como hemos venido realizando, la siguiente tabla 32 nos da el resultado de gastos para las NAPs de nivel dos.

**Tabla 32**

*Costos de NAP nivel dos para XG-PON del diseño de red*

<b>Elemento de Red</b>	<b>MODELO</b>	<b>Costo Unitario</b>	<b>Número de Unidades</b>	<b>Sub Total</b>
<b>NAP Nivel dos</b>	FDO-4016B- CAS116SA	\$ 96,75	16	\$1548
<b>TOTAL</b>				\$1548

Fuente (Keynet Systems, 2023)

#### **4.1.6 Roseta Óptica-Costos y Especificaciones**

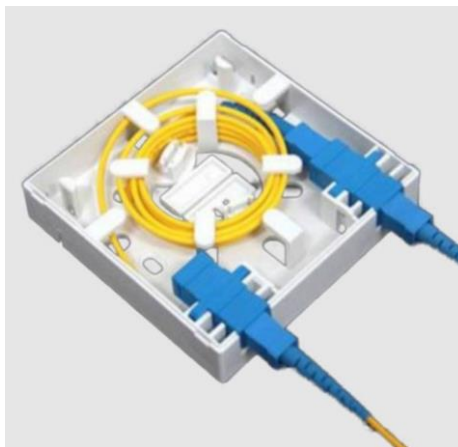
Este componente de la red, como se pudo visualizar en la arquitectura de la figura 66, es parte también de la red, y es el que está en la parte de usuario junto a la ONU. Para la interconexión de estos, se utiliza un pigtail y un acoplador.

Para no estar con la molestia de comprar todo por separado, se ha optado por seleccionar uno de un distribuidor llamado ALTALA, el cual nos ofrece una roseta con descripción de SC UPC BOX, la cual viene incluido los elementos antes descritos.

La figura 115 nos indica como viene este elemento de este distribuidor.

**Figura 115:**

*Roseta para la red de Fibra óptica con sus elementos*



Fuente: (ALTALA, 2023)

Así mismo, como en los casos anteriores, tenemos la tabla 33 describiendo los costos totales para el diseño de red.

**Tabla 33**

*Costos de Roseta para el diseño de red*

<b>Elemento de Red</b>	<b>MODELO</b>	<b>Costo Unitario</b>	<b>Número de Unidades</b>	<b>Sub Total</b>
<b>NAP Nivel dos</b>	SC UPC BOX	\$ 2.11	256	\$540,16
<b>TOTAL</b>				\$540,16

Fuente: (ALTALA, 2023)

#### **4.1.7 Cable Fibra Óptica red Feeder- Costos y Especificaciones**

En esta parte veremos el cable de fibra óptica para la red Feeder con sus especificaciones y costos. Este debe cumplir por lo menos con la base del diseño, como por ejemplo el número mínimo de hilos que tenemos en la red, ósea que debe tener al menos 4 hilos para poder

abastecer a los 4 NAPs de nivel una de las redes de distribución, y que a su vez pueda ser utilizado para expansiones futuras.

Por otro lado, debemos tener en cuenta que debe funcionar bajo la norma ITU G.652.D descrita antes en este mismo trabajo de titulación, y el resto estará descrito por el fabricante, con lo que podremos seleccionar un cable que pueda servirnos para al menos una longitud de al menos 2 km que calculamos para la red Feeder de nuestro diseño, lo cual está descrito en el apartado 3.7.2.

En la figura 116 podemos ver la forma de este modelo de fibra óptica

**Figura 116:**

*Fibra óptica usada para el diseño de red de Feeder*



Fuente: (KEYNET Systems, 2023b)

Tomando como consideración estos puntos, se tomará como la opción más acorde al modelo F28-12HD-FP9S10W90I2 del catálogo del distribuidor KEYNET Systems (Keynet Systems, 2023), y de lo cual la siguiente tabla 34.



**Tabla 34**

*Especificaciones de la fibra óptica F28-12HD-FP9S10W90I2 para la red troncal*

	<b># Total de Fibras</b>	<b>12</b>
	Sub-conductos PBT	1
	Fibras por sub-conducto	12
<b>Construcción</b>	Cubiertos interiores/externo	PE o LSZH-FR
	Refuerzo	Fibras de Vidrio (Fv) o Aramidas (K)
	Ø cubierta exterior	7,9 mm
	Construcción holgada	250μ
<b>Diámetro núcleo y revestimiento</b>		9/125μm
<b>Sin circularidad del revestimiento</b>		≤ 0,7%
<b>Sin circularidad de recubrimiento</b>		≤ 6,0%
<b>Dispersión de longitud de onda</b>		$\lambda_{cc} \leq 1260$ nm
<b>Attenuation (max)</b>	@ 1310 nm	≤ 0,34 dB/Km
	@ 850 nm	-
	@ 1550 nm	≤ 0,20 dB/Km
	@ 1310 nm	-

Fuente: (Keynet Systems, 2023)

Luego de ver estas características, la siguiente tabla 35 nos indica los costos para el caso de nuestro diseño al utilizar este modelo, en este caso según lo calculado en la sección 3.7.2 para la red Feeder.

**Tabla 35**

*Valor de la fibra óptica para la línea Feeder de la red óptica XG-PON*

<b>Elemento de Red</b>	<b>MODELO</b>	<b>Costo</b>	<b>Número de</b>	<b>Sub</b>
		<b>Unitario</b>	<b>Unidades</b>	<b>Total</b>
<b>Cable Fibra</b>	F28-12HD-			
<b>Óptica</b>	FP9S10W90I2	\$ 1.52	2000 mts	\$3040
<b>TOTAL</b>				\$3040

Fuente: (Keynet Systems, 2022)

#### **4.1.8 Cable Fibra Óptica red Distribución- Costos y Especificaciones**

Como el caso anterior, para la selección del cable de fibra óptica para esta parte que es para la distribución debe cumplir con la norma ITU según el estándar G.657.A de la cual se trató en el apartado 3.6.7.1 y en la cual se debe tener en cuenta los hilos que van a ser usados para las cajas de nivel dos, en este caso para este diseño 4 cajas por cada una de nivel uno, y que se tomará con una distancia de 5 kilómetros de total, descrito en la parte de 3.7.4.

En este caso, podemos usar para el diseño un modelo de fibra de 8 hilos, con lo que cumpliríamos el requerimiento que tenemos e inclusive tendríamos reservas de hilos para cualquier expansión o problema, este modelo en concreto puede ser el F1A-08A-B2L2N del distribuidor (Keynet Systems,2023) el cual nos cumple con los requisitos.

La figura 117 nos demuestra como es este modelo

**Figura 117:**

*Modelo de fibra óptica usada para el diseño de red en la parte de distribución*



Fuente: (KEYNET Systems, 2023)

La siguiente tabla 36 nos describe las características que presenta esta fibra

**Tabla 36**

*Características del modelo de fibra óptica F1A-08A-B2L2N*

<b>Descriptivo</b>	Cable fibra ajustada dieléctrica
	Fibras ajustadas 900 $\mu$
	Refuerzos de aramidas
	Cubierta LSZH CPR clase Dca
	Disponible en fi bras SM G657A2 y MM
	OM3-300
<b>Recomendación y prestación</b>	Red distribución e interior viviendas
	Buena flexibilidad
	Alta resistencia a la tracción
	Uso interior y exterior
<b>Referencia / Fibra</b>	F1A-08A

<b>Número de Fibras</b>	8
<b>Construcción</b>	Ajustada 900µm
<b>Refuerzos</b>	Aramiditas
<b>Cubierta</b>	SM Dca-s2,d0,a1 --- MM CPR Eca
<b>Color</b>	Negro

---

Fuente: (KEYNET Systems,2023)

El valor que ofrece el distribuidor esta descrito en la tabla 37.

**Tabla 37:**

*Valor de la fibra óptica para la línea Distribución de la red óptica XG-PON*

<b>Elemento de Red</b>	<b>MODELO</b>	<b>Costo Unitario</b>	<b>Número de Unidades</b>	<b>Sub Total</b>
<b>Cable Fibra Óptica</b>	F1A-08A- B2L2N	\$ 1.09	5000 mts	\$5450
<b>TOTAL</b>				\$5450

---

Fuente (KEYNET Systems,2023)

#### **4.1.9 Cable Fibra Óptica red Distribución- Costos y Especificaciones**

En esencia, es el último segmento de conexión entre el cliente final y la red de fibra óptica XGPON. La conexión del cliente se completa con la ONT y debe conectarse a una fibra óptica que cumpla con los estándares establecidos en el proyecto.

En este capítulo se aborda el análisis financiero y la optimización de los recursos de la red, lo que resultará en una reducción de los costos de implementación. Por lo tanto, al elegir el cable, debemos tener en cuenta que cumpla con la norma ITU G.657.A y que se utilizará una

longitud de 26 km de cable, según el diseño para cubrir todos los clientes necesarios. Además, como es el tramo final de la red, el cable solo debe tener un hilo para cumplir con las especificaciones previas.

La siguiente figura 116 nos muestra como está conformado este modelo.

**Figura 118:**

*Cable de Fibra Óptica F80P-01A-LN-BR*



Fuente: (KEYNET Systems, 2023)

El modelo que se utilizará es el F80P-01A-LN-BR de Keynet Sistemas, según el catálogo del proveedor (Keynet Sistemas Profesionales, 2022), y sus características técnicas se pueden ver en la Tabla 38.

**Tabla 38:**

*Características del modelo de fibra óptica para la red de dispersión del diseño de red*

Referencia	F80P-01A-LN-BR	
Número de Fibras	1	
Cladding	Dimensión	245 ±10 μm
	Color	Rojo
Elementos de tracción	Material	2 varillas de fibra de vidrio

	Dimensiones Ø	0.5 mm
<b>Fijador</b>	Material	Acero galvanizado
	Dimensiones Ø	1.2 mm
<b>Cubierta</b>	Material	LSZH
	Dimensiones	2 x 3 mm
	Color	Negro
<b>Diámetro de campos de modo 1310nm</b>		$8,8 \pm 0,4 \mu\text{m}$
<b>Diámetro del cladding o revestimiento</b>		$125 \pm 0.7 \mu\text{m}$
<b>Error de concentricidad del cladding o revestimiento</b>		$\leq 0.6 \mu\text{m}$
<b>No circularidad del cladding</b>		$\leq 0.7 \%$
<b>Longitud de onda de corte para cable</b>		$\lambda_{cc} \leq 1260 \text{ nm}$
<b>Longitud de onda de corte para fibra</b>		$\lambda_{cc} 1180 \approx 1330 \text{ nm}$
<b>Diámetro sobre protección primaria</b>		$245 \pm 5 \mu\text{m}$
<b>Error de concentricidad de la protección primaria</b>		$\leq 0.5 \mu\text{m}$
<b>Radio de curvatura de la fibra</b>		$\geq 4 \text{ m}$
<b>Atenuación</b>	1310nm	$\leq 0,36 \text{ dB/km}$
	1550nm	$\leq 0,23 \text{ dB/km}$
	1625nm	$\leq 0,25 \text{ dB/km}$
<b>Pérdida de flexión</b>	10 vueltas x radio 30mm @ 1550nm	$\leq 0.03 \text{ dB}$

	1 vueltas x radio 20mm @	$\leq 0.01$ dB
	1625nm	
<b>Dispersión cromática</b>	Entre 1285 $\approx$ 1330	$\leq 0.03$ nm/km
	Entre 1525 $\approx$ 1575	$\leq 0.02$ nm/km
<b>Espectrómetro de dispersión de onda</b>		1300 $\approx$ 1324 nm
<b>Pendiente de dispersión nula</b>		$\leq 0.092$ ps/nm <sup>2</sup> xkm

Fuente: (KEYNET Systems,2023)

La siguiente tabla 39 nos indica el costo de este material para el diseño de la red según los precios de este distribuidor a este modelo de fibra óptica.

**Tabla 39**

*Valor de la fibra óptica para la línea Dispersión de la red óptica XG-PON*

<b>Elemento de Red</b>	<b>MODELO</b>	<b>Costo Unitario</b>	<b>Número de Unidades</b>	<b>Sub Total</b>
<b>Cable Fibra Óptica</b>	F80P-01A-LN-BR	\$ 0.29	26000 mts	\$7540
<b>TOTAL</b>				\$7540

Fuente: (KEYNET Systems,2023)

#### **4.1.10 Pigtails- Costos y Especificaciones**

Al comenzar con los pigtails, debemos tener en cuenta que se colocan al inicio de cada hilo en cada una de las redes. En total, se usarán cuatro pigtails para el inicio de los hilos en la red Feeder a cada NAP de nivel uno a las de nivel dos, dieciséis para el inicio de la red de distribución a cada NAP de nivel dos y 256 para el inicio de la red de dispersión. La Figura 49

muestra un pigtail en la roseta óptica, pero se detalló en el apartado 4.1.6. que este pigtail ya se incluyó en cada roseta que distribuye ATALA.

La siguiente Figura 119 nos muestra como está conformado este modelo de Pigtail.

**Figura 119:**

*Conformación Pigtail modelo TF-PSA12-Y015*



Fuente: (KEYNET Systems, 2023f)

El elemento seleccionado para este caso sería entonces el modelo TF-PSA12-Y015, un Pigtail de tipo SC/APC. Las características técnicas se pueden en la siguiente tabla 40.

**Tabla 40**

*Características del modelo de Pigtail SC/APC para el diseño de red*

<b>Referencia</b>	<b>TF-PSA12-Y015</b>
<b>Fibra</b>	SM G657A2 9/125
<b>Conector</b>	SC
<b>Pulido</b>	APC
<b>Cubierta</b>	LSZH-FR
<b>Diámetro Ø</b>	0.9 mm
<b>Color</b>	Amarillo
<b>Longitud</b>	1.5 mts

Fuente: (KEYNET Systems,2023)



Como hemos venido realizando, en la tabla 41 podemos ver los costos de este elemento.

**Tabla 41**

*Valores para Pigtails SC/APC para el diseño de Red*

Elemento de Red	MODELO	Costo Unitario	Número de Unidades	Sub Total
<b>Pigtail</b>	TF-PSA12-Y015	\$ 1.92	276	\$529.92
<b>TOTAL</b>				\$529.92

Fuente: (KEYNET Systems, 2023)

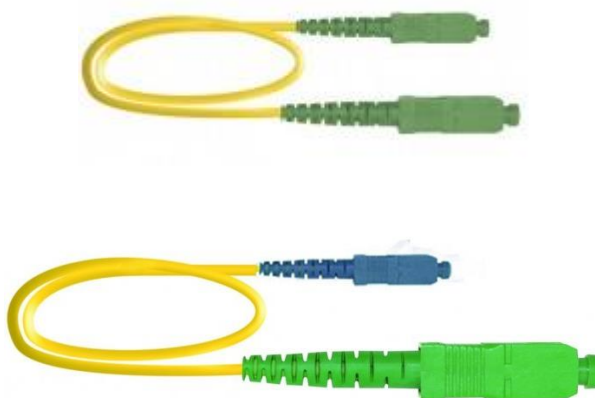
#### 4.1.11 Patch Core - Costos y Especificaciones

Estos funcionan como unión entre dos partes en el diseño de la red, una es entre la OLT y el ODF, y también entre la Roseta y la ONU. Es por eso que, se deben usar 4 para la parte de la OLT-ODF y 256 para unir las Rosetas con las ONUs.

La siguiente Figura 120 nos indica los modelos de Patch Core que van a ser utilizados.

**Figura 120:**

*Descripción de Patch Cores*



Fuente: (KEYNET Systems, 2023e)

Para el primero de los casos que se debe utilizar 4 Patch Cores, se necesitan de tipo SC/APC, en lo cual podemos utilizar el modelo TF-LSA06-Y03, y para el caso de OLT-ODF utilizar patch core SC/APC-SC/UPC con el modelo TF-LSASU13-Y01. La siguiente tabla 42 nos describe las características de estos.

**Tabla 42**

*Especificaciones Patch Core SC/APC y SC/APC-SC/UPC para el diseño de Red*

<b>Especificaciones Técnicas</b>	<b>Monomodo</b>	<b>Multimodo</b>
<b>Pérdida inserción- Valor normal</b>		$\leq 0,25$ dB
<b>Pérdida inserción – 97%</b>		$\leq 0,50$ dB
	PC $\geq 45$ dB/km	PC $\geq 35$ dB/km
<b>Pérdida Retorno</b>	UPC $\geq 55$ dB/km	
	APC $\geq 60$ dB/km	
<b>Fibra Óptica</b>	G657A2	OM1, OM3-300, OM4, OM5
<b>Longitud de onda</b>	1310 – 1625 nm	850 – 1300 nm
	10 vueltas Ø30mm - 1550nm	$\leq 0,03$ dB
<b>Radio Curvatura</b>	1 vuelta Ø20mm - 1550nm	$\leq 0,01$ dB
	1 vuelta Ø15mm - 1550nm	$\leq 0,05$ dB

	100 vueltas		
	Ø75mm - 850-	-	≤ 0,05 dB
	1300nm		
<b>Durabilidad</b>		≤ 0,3dB típcos hasta 500 conexiones	
<b>Cubierta Exterior</b>		LSZH-FR	
<b>Temperatura Operativa</b>		- 40 ~ + 85 °C	
<b>Temperatura almacenamiento</b>		- 50 ~ + 85 °C	

Fuente: (KEYNET Systems, 2023)

La siguiente tabla 43 nos da los valores para estos patch core en total para el diseño.

**Tabla 43**

*Valores para Patch Core SC/APC y SC/APC-SC/UPC para el diseño de Red*

<b>Elemento de Red</b>	<b>MODELO</b>	<b>Costo Unitario</b>	<b>Número de Unidades</b>	<b>Sub Total</b>
<b>Patch Cord</b>	TF-LSA06-Y03	\$ 3.93	4	\$15.72
<b>Patch Cord</b>	TF-LSASU13-Y01	\$ 3.71	256	\$949,76
<b>TOTAL</b>				\$965.48

Fuente: (KEYNET Systems, 2023)

#### **4.1.12 Tubos de Fusión - Costos y Especificaciones**

Estos tubos de fusión sirven para tener un soporte en la parte de las fusiones de hilos de fibra óptica. Dentro de la red existen varias partes que se necesita realizar fusiones de hilos. AL existir varios tipos de longitudes para estos, de donde los que tienen la mayor longitud se usa para las fusiones de los hilos de fibra, y los más pequeños para la roseta óptica.

Es por eso que para este caso se utilizan los modelos CMP-0160 de 60 mm y el modelo CMP-0140 de 40 mm, del distribuidor SINCABLES.

La siguiente Figura 121 nos da una idea de cómo es la forma de estos.

**Figura 121:**

*Descripción de Tubos de fusión*



Fuente: (Sincables, 2023)

En la siguiente tabla 44 podemos observar las especificaciones de estos Tubos en estos modelos, con la única diferencia de su longitud.

**Tabla 44**

*Especificaciones Tubos de fusión para el diseño de Red*

<b>Item</b>	<b>Tubo retráctil de calentamiento de fibra/manguito de protección de fibra</b>
<b>Material</b>	Poliiolefina, Inoxidable
<b>Longitud (cm)</b>	6 y 4
<b>Densidad (g/cm<sup>2</sup>)</b>	0.94(ISO R1183D)
<b>Resistencia a la tracción</b>	18(ASTM D 2671)

<b>Humedad Relativa</b>	≤95%
<b>Temperatura de calentamiento retráctil</b>	90 to +120
<b>(oC)</b>	
<b>Temperatura Ambiental (oC)</b>	-55 to +105
<b>Diámetro (mm)</b>	Diámetro del tubo retráctil. 3,55 × 60, tubo de calentamiento de diámetro. 2,25 × 59, Diámetro interior 1,5 mm
<b>Color</b>	Transparente
<b>Contenido de la Caja</b>	100 (+/-2%) x Tubo Termorretráctil

---

Fuente: (Connection Cabling Systems, 2023)

Luego como en elementos anteriores, la tabla 45 nos indica los valores para los tubos de fusión.

#### **Tabla 45**

*Valores para Tubos de Fusión para el diseño de Red*

<b>Elemento de Red</b>	<b>MODELO</b>	<b>Costo Unitario</b>	<b>Número de Unidades</b>	<b>Sub Total</b>
<b>Patch Cord</b>	CMP-0160	\$ 8.90 funda de 100u	256	\$26.7
<b>Patch Cord</b>	CMP-0140	\$ 6.66 funda de 100u	280	\$19.98
<b>TOTAL</b>				\$46.05

---

Fuente: (SIN CABLES,2023)

## **4.2 Análisis económico proyecto**

Para esta parte del proyecto de titulación se explica un análisis financiero que se debe realizar para saber los gastos e ingresos que se va a obtener con este diseño de fibra óptica y sus componentes, lo que dará una idea de si es viable y beneficioso para la empresa. Para ello es de suma importancia hacer un análisis de los ingresos que va a tener a futuro esta inversión en el lapso de cierto periodo de tiempo, con el cual se va a recuperar dicha inversión realizada por la empresa que es la implementación de este diseño de red propuesto, y a su vez poder saber en que tiempo se va a poder comenzar a tener un margen de ganancias para la empresa una vez recuperado esta inversión. Esto nos demostrará la rentabilidad que obtendrá la empresa, así también como rubros para esta, con esto como base para posibles expansiones a futuro.

## **4.3 Flujo de Caja**

El flujo de caja se refiere a los gastos y los ingresos que se han registrado durante un período determinado. En este caso, se está preparando un flujo de caja para el diseño de fibra óptica, lo que significa que se debe identificar los ingresos y los gastos que la empresa tendrá que hacer para llevar a cabo la implementación.

### **4.3.1 Egresos del Proyecto**

Los gastos en el proyecto incluyen: los costos de operación del personal, los gastos de los equipos pasivos y activos, el mantenimiento de la red y la movilización. Es necesario sumar estos gastos para calcular el total de la inversión en los gastos para el proyecto.

#### **4.3.1.1 Egresos Totales de los Equipos Activos**

Estos egresos del proyecto son de aquellos equipos Activos que se van a usar en el diseño de la red, de lo cual se conforma por la suma de todos estos. Esta información la podemos ver en la siguiente tabla 46.

**Tabla 46***Egresos en total de los equipos Activos*

<b>Egresos equipos Activos de Diseño de Red</b>		
<b>Elemento</b>	<b>Costo</b>	<b>Total</b>
<b>OLT</b>	\$4680.85	
<b>ONUs</b>	\$10240	14920.85

Fuente; Autoría Propia

**4.3.1.2 Egresos Totales de los Equipos Pasivos**

Como se lo realizó para los activos, estos elementos pasivos también se deben tener en cuenta por el motivo de saber cuál es el egreso que tendrá por total la empresa que invertir, lo cual podemos observar en la siguiente tabla 47.

**Tabla 47***Egresos totales de los equipos pasivos*

<b>Egresos en total de los equipos pasivos Diseño de Red</b>	
<b>ODF</b>	\$85
<b>NAPs Nivel Uno</b>	\$191,12
<b>NAPs Nivel Dos</b>	\$1548
<b>Rosetas Ópticas</b>	\$540.16
<b>Cable Fibra red Feeder</b>	\$3040
<b>Cable Fibra red Distribución</b>	\$5450
<b>Cable Fibra red Dispersión</b>	\$7540
<b>Pigtails</b>	\$529.92
<b>Patch Core</b>	\$965.48

<b>Tubos de Fusión</b>	\$46.05
<b>Total</b>	\$19935.73

---

Fuente: Autor

#### 4.3.1.3 Egresos totales de Personal Operativo

Para esta parte, hay que tener en cuenta los trabajadores con los que cuenta la empresa que son el personal operativo de la misma, los cuales para esta trabajan 2 técnicos, con una remuneración del salario cuyo valor es de \$533.00 dólares. La siguiente tabla 48 nos indica el egreso total para este personal para un año de trabajo total.

**Tabla 48**

*Egresos totales respecto al personal operativo de la empresa*

<b>Egresos totales de personal operativo</b>			
<b>Técnicos</b>	<b>Sueldo Unificado</b>	<b>Global</b>	<b>Total</b>
<b>Técnico 1</b>	\$533.00	\$1066.00	\$12792.00
<b>Técnico 2</b>	\$533.00		

---

Fuente: Autor

#### 4.3.1.4 Egresos Totales referentes a la Movilización

Esta empresa cuenta para sus movilizaciones con un egreso de \$32.50 dólares por semana para la movilización, esto lo podemos observar en la siguiente tabla 49 cuya proyección de egresos anuales tiene lo siguiente.



**Tabla 49***Egresos de movilizaciones total*

<b>Egresos totales de Movilización</b>			
<b>Ítem</b>	<b>Costo Semanal</b>	<b>Costo Mensual</b>	<b>Total</b>
<b>Movilización</b>	\$32.50	\$130.00	\$1560.00

Fuente: Autor

**4.3.1.5 Egresos Totales en Mantenimientos**

Se trata de aquellos egresos que se usan en la red óptica, en donde tenemos que considerar un 5% a partir de la inversión del proyecto. De donde corresponde la inversión en este caso de \$34856.58, de donde el egreso en este caso sería de \$1742.83 para un lapso de 5 años. La siguiente tabla 50 nos describe el costo de egreso anual referente a mantenimiento de esta red.

**Tabla 50***Egreso total de operación y mantenimiento*

<b>Egresos totales de mantenimiento de Red</b>			
<b>Ítem</b>	<b>Costo Anual</b>	<b>Periodo</b>	<b>Total</b>
<b>Mantenimiento</b>	\$348.57	5 años	\$1742.83

Fuente: Autor

**4.3.2 Ingresos de Proyecto**

Estos ingresos de Proyecto son calculados partiendo de los activos que generan ganancias para un lapso de 5 años, pero sabiendo que la empresa en el sector ya cuenta con un nodo en Calpaquí, y según nuestra encuesta las personas que más usan el servicio de internet tienen un uso de 15-30 Mbps y pagan alrededor de los \$20 a \$30, se tomará en cuenta el Plan master que ofrece la empresa con un costo de \$22.99 de 30 Mbps y con las promociones que presenta la

empresa a los clientes de que si refieren a un nuevo usuario para la empresa, dicho cliente que refiere se le sube la velocidad de 5 Mbps más a su plan.

#### 4.3.2.1 Ingresos Totales por Prestación de servicio

Ya al haber definido el plan a ofertar de la empresa, en este caso el Plan master de 30 Mpbs a un costo de \$22.99 se debe tener en cuenta la posibilidad de aumentar el plan, ya que si la gente también se acoge a la promoción descrita anteriormente se le sube más su ancho de banda en 5Mbps, por ende, existirán muchos nuevos clientes. Según la tabulación de la encuesta realizada el 86.11% estaría de acuerdo en cambiarse a un proveedor con características similares a lo que ofrecen dentro del presupuesto que están gastando. Así también la proyección estimada que se tiene es completar dentro de los 5 años los clientes permitidos para este diseño, es decir tener 256 usuarios como máximo de la red y apoyándonos del crecimiento poblacional descrito en la parte 3.5.4 de proyección de población se tiene un 2.26% en la comunidad Chuchqui. Con la tabla 51 podemos observar esto más detalladamente.

**Tabla 51**

*Ingresos totales por prestación del servicio*

<b>Año</b>	<b># de clientes nuevos</b>	<b># de clientes totales</b>	<b>Costo del Plan</b>	<b>Ingreso Mensual</b>	<b>Ingreso por cada Año</b>	<b>Ingreso cada año acumulado</b>
<b>Año 1</b>	50	50		\$1149.50	\$13794.00	\$13794.00
<b>Año 2</b>	50	100		\$2299.00	\$27588.00	\$41382.00
<b>Año 3</b>	50	150	\$22,99	\$3448.50	\$41382.00	\$82764.00
<b>Año 4</b>	50	200		\$4598.00	\$55176.00	\$137940.00
<b>Año 5</b>	56	256		\$5885.44	\$70625.28	\$208565.28

**Al final de los**

\$208565.28

**cinco años**

---

Fuente: Autor

#### **4.3.2.2 Ingresos totales por instalación.**

Luego de terminar con el cálculo de los ingresos por la prestación de servicios se debe proceder a calcular los ingresos ahora por la instalación de servicio, en este caso la empresa no cobra instalación, sin embargo, el cliente debe firmar un contrato de permanencia de no menos de 1 año. En caso de finiquitar el contrato en menos de este año, el cliente debe cancelar un valor de \$50 por incumplimiento de este.

#### **4.3.3 Egresos e Ingresos Totales**

Luego de que hemos ya calculado tanto los egresos como ingresos totales de este proyecto, procedemos con la determinación del flujo de caja, que sirve para determinar las ganancias que se podría obtener con este diseño. Lo podemos observar en la siguiente tabla 52 donde están los egresos e ingresos acumulados para 5 años.

La tabla tiene abreviaturas de donde se explica que:

- EI= Egreso de inversión
- ES=Egreso de salario
- EM=Egreso de movilización
- ET=Egreso de mantenimiento
- IS=Ingreso de prestación del servicio

**Tabla 52***Tabla de Flujo Neto por año*

Años	Egresos Totales					Ingresos totales		Flujo de caja
	EI	ES	EM	ET	TOTAL	IS	Total	
0	34856,58	\$12792.00	\$1560.00	\$0.00	\$49.603,16	0	0	\$-49603,16
1	0	\$12792.00	\$1560.00	\$394.57	\$14746,58	\$13794	\$13794	\$-952,58
2	0	\$12792.00	\$1560.00	\$394.57	\$14746,58	\$41382	\$41382	\$26635,42
3	0	\$12792.00	\$1560.00	\$394.57	\$14746,58	\$82764	\$82764	\$68017,42
4	0	\$12792.00	\$1560.00	\$394.57	\$14746,58	\$137940	137940	\$123193,42
5	0	\$12792.00	\$1560.00	\$394.57	\$14746,58	\$208565,28	\$208565,28	\$193818,7

Fuente: Autor

#### 4.4 Valor Presente Neto

Utilizando el Valor Presente Neto (VPN) se puede llegar a determinar si un proyecto es viable o no, ya que este es un indicador de cálculo. Los inversores por lo general siempre analizan el rendimiento actualizado de los flujos negativos y positivos que originan la inversión, a lo cual se puede interpretar lo siguiente:

- SI  $VPN > 0$ , indica que la inversión planificada generará mas beneficio para el inversionista y es un tipo de inversión rentable.
- Si  $VPN = 0$ , significa que la inversión no genera ningún beneficio adicional, teniendo en cuenta los intereses anuales de inversión.

- Si  $VPN < 0$ , la inversión generará pérdidas, y, por tanto, no sería un negocio rentable.

Ahora sabiendo esto, la Ecuación 31 indica como se calcula el VPN

**Ecuación 31**

$$VPN = \sum_{t=1}^n \frac{FNE}{(1+i)^t} - I_0$$

Donde:

- VPN= Valor presente neto
- t= periodo
- FNE= Flujo neto de efectivo
- $I_0$ = Inversión inicial

A esto se debe hacer énfasis que se utilizará un interés del 9.72% anual a Febrero del 2023 extraído según el Banco Central del Ecuador (Banco Central del Ecuador,2023). Este valor será sujeto de cambios siempre, pero está en este número al momento de realizada esta investigación.

Usando la Ecuación 31 y tomando nuestros valores del flujo de caja conseguidos en la tabla 52 tendríamos:

$$VPN = \frac{-952.28}{(1+9.72\%)^1} + \frac{26635.42}{(1+9.72\%)^2} + \frac{68017.42}{(1+9.72\%)^3} + \frac{123193.42}{(1+9.72\%)^4} + \frac{193818.70}{(1+9.72\%)^5} - 49603.16$$

$$VPN = \frac{-952.28}{1.0972} + \frac{26635.42}{1.2038} + \frac{68017.42}{1.3208} + \frac{123193.42}{1.4492} + \frac{193818.70}{1.5901} - 49603.16$$

$$VPN = -867.92 + 22126.12 + 51497.14 + 85007.88 + 121890.89 - 49603.16$$

**Ecuación 32**  $VPN = 230050.95$

Una vez realizado estos cálculos podemos darnos cuenta de que el valor VPN es mayor a cero, es decir que es un proyecto viable. Este generará ganancias a mediano plazo.

#### 4.5 Periodo de Recuperación de la Inversión

El PRI es el lapso en el que se espera recuperar la inversión económica. Se considera que cuanto menor sea el periodo de recuperación, menor será el riesgo del proyecto. El PRI se determina sumando los flujos de efectivo anuales de la inversión hasta alcanzar un PRI positivo. La ecuación 33 muestra el proceso de cálculo del PRI.

$$\text{valor (+) o(-) del PRI} = -49603,16 + (-952.28)$$

$$\text{valor (+) o(-) del PRI} = -50555.44 + 26635.42$$

$$\text{valor (+) o(-) del PRI} = -23920.02 + 68017.42$$

**Ecuación 33**  $\text{valor (+) o(-) del PRI} = 44097.40$

En este caso podemos observar que el valor último negativo que se presenta es en el periodo de 3 años, lo que para saber el valor del PRI se usa la siguiente Ecuación 34.

Donde:

- a= Periodo del último flujo negativo
- b = Valor absoluto del último flujo negativo
- c = Valor del flujo de cada siguiente periodo

$$PRI = a + \frac{|b|}{c}$$

$$PRI = 3 + \frac{|-23920.02|}{68017.42}$$

**Ecuación 34**  $PRI = 3.35 \text{ años}$

Para poder tener idea de exactamente cuánto es esto debemos convertir a días meses y años este valor, la Ecuación 35 nos describe cómo hacerlo y la Ecuación 36 es el valor final de esto.

$$\text{meses} = 0.35 \text{ años} * \frac{12 \text{ meses}}{1 \text{ años}}$$

**Ecuación 35**  $\text{meses} = 4.2$

$$\text{días} = 0.20 \text{ meses} * \frac{30 \text{ días}}{1 \text{ mes}}$$

**Ecuación 36**  $\text{días} = 6 \text{ días}$

Con esto podemos decir entonces que, el tiempo de recuperación de esta inversión inicial se la puede lograr en 3 años 4 meses y 6 días.

#### 4.6 Análisis final de VPN y del PRI

Estos dos son herramientas que nos permiten saber si los proyectos son viables o no y en cuanto tiempo se puede recuperar de la inversión la empresa sobre la parte económica, es por eso que debemos realizar el análisis de resultados que se obtengan para corroborar lo antes dicho.

Se ha mencionado anteriormente que un VPN con un valor positivo mayor a cero indica que invertir en el proyecto es rentable a medio plazo, es por eso que para este caso es viable. Con la herramienta PRI, se ha determinado que el periodo de recuperación de la inversión es de aproximadamente 3 años y 4 meses, lo que significa que después de este periodo se habrá

recuperado la inversión de la empresa por completo y se comenzarán a generar ganancias significativas.

En general, se puede afirmar que el proyecto generará las ganancias esperadas a mediano plazo y está diseñado con la idea de llegar a la utilización de los usuarios disponibles. Sin embargo, es importante recalcar que estos tiempos pueden cambiar debido a diferentes factores que se puedan presentar, y puede haber variaciones en los clientes ya sea más o menos rápido según se presenten las situaciones.

El análisis económico del proyecto se realiza solo a mediano plazo, pero está dimensionado para operar por lo menos para alrededor de 15 años, que es el tiempo que autoriza la ARCOTEL para su funcionamiento. Es por eso que podemos decir que cumpliendo con lo establecido, a largo plazo puede ser beneficioso para la empresa, e inclusive pensar en nuevos proyectos en la zona.



## 5 CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 CONCLUSIONES

Luego de completar todos los puntos establecidos en el anteproyecto y cumplir con sus objetivos, se ha llegado a la conclusión de que el diseño propuesto cumple con las normas y tecnologías de la red FTTH XG-PON de fibra óptica. Dado el contexto actual de la comunidad Chucchuquí, se ha determinado que la colocación del nodo en la zona aledaña de Calpaqui y las necesidades de expansión de la empresa SITEC S.A. permitirán ofrecer un servicio de alta calidad y velocidad sin problemas utilizando fibra óptica.

Después de revisar la situación actual de Chucchuquí y su topografía, se ha decidido instalar los equipos de distribución en las áreas más pobladas de la comunidad. Se concluye que de esta manera, se garantiza que no habrá problemas para brindar servicio a las personas que deseen cambiarse a esta empresa y a los nuevos usuarios que deseen contratar el servicio. Además, esta ubicación permitirá expandir la cobertura a medida que se construyan nuevas viviendas y se incremente la población de la zona.

Después de utilizar el método de encuestas, hemos llegado a concluir de que este método nos permitió realizar un análisis más profundo del mercado local, lo que nos brinda un respaldo sólido para la expansión de nuestra cobertura. Además, hemos descubierto que los clientes de otras empresas están dispuestos a cambiarse a SITEC S.A. debido a los beneficios que ofrecemos, ya sea porque no tienen acceso a fibra óptica o porque sus contratos actuales no satisfacen completamente sus necesidades. Es importante destacar que nuestro trabajo se justifica debido a que las comunidades rurales no han recibido un buen servicio de internet, lo que ha limitado su acceso a nuevas tecnologías y avances en el mundo en constante desarrollo.

Además de lo mencionado en este apartado, es importante concluir que se destaca la selección de los mejores equipos para el diseño de la red de fibra óptica en función de la situación y necesidades de la comunidad. Estos equipos brindarán una velocidad de nueva generación que satisfará las necesidades de los usuarios en el ámbito laboral, estudiantil y recreativo, cumpliendo con las normas de la ITU y la tecnología XGPON. Hemos tenido en cuenta la potencia y la distancia para asegurarnos de que los equipos no se vean afectados y que la red esté bien optimizada y resistente.

En cuanto a los costos y beneficios del proyecto para la empresa, es importante destacar que, tras revisar los valores calculados tanto para el VPN como para el PRI, podemos concluir que el proyecto es altamente rentable. De hecho, se espera que la inversión inicial se recupere en aproximadamente 3 años, y que la empresa obtenga ganancias significativas, como lo indica el flujo de caja. Esto significa que SITEC S.A. podrá establecer una base sólida y rentable en la zona y, si decide expandirse a otras áreas en el futuro, tendrá una base sólida en la que apoyarse.

## **5.2 RECOMENDACIONES**

Se sugiere que, como parte de una estrategia de competencia y para atraer a nuevos clientes, SITEC S.A. considere mejorar aún más las velocidades de su servicio de fibra óptica. Además, sería recomendable implementar promociones atractivas, como la que se menciona de incentivar a los usuarios existentes a referir a nuevas personas para que adquieran los planes de la empresa y, de esta manera, ganar beneficios para mejorar sus velocidades contratadas. Al utilizar la tecnología XG-PON, SITEC S.A. tiene la capacidad de brindar un servicio de alta velocidad sin inconvenientes, lo que podría ayudar a la empresa a hacerse más conocida y atractiva para los usuarios.

Se recomienda establecer acuerdos con distribuidores nacionales para facilitar la entrega de equipos, tanto pasivos como activos, y lograr beneficios económicos a través de compras al por mayor. La compra de productos europeos puede presentar desafíos como la falta de suministro, la fluctuación de la moneda o la falta de homologación en el país, por lo que contar con distribuidores locales permitiría una mayor disponibilidad y reduciría los riesgos asociados a la importación de productos.

Se recomienda utilizar este proyecto como una guía y base para posibles nuevas expansiones, ya que se han utilizado herramientas didácticas y simulaciones en Optiwave Systems que brindan una gran precisión en los cálculos y permiten hacer ajustes y mejoras en los diseños y la implementación de equipos a lo largo de la red de fibra óptica. Además, se ha logrado demostrar la efectividad de este enfoque, ya que los cálculos y las simulaciones han demostrado una alta similitud, lo que respalda la implementación correcta del proyecto y su potencial para su uso en futuras expansiones.

## 6 BIBLIOGRAFÍA

CISCO. (agosto de 2014). *Cisco Catalyst 4948 10 Gigabit Ethernet Switch Data Sheet*. Obtenido de Cisco Catalyst 4948 10 Gigabit Ethernet Switch Data Sheet:

[https://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/switches/catalyst-4900-series-switches/product\\_data\\_sheet0900aecd80246552.pdf](https://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/switches/catalyst-4900-series-switches/product_data_sheet0900aecd80246552.pdf)

Intelsa. (2020). *Huawei MA5608T*. Obtenido de Huawei MA5608T:

<https://intelsa.com.ec/producto/olt-huawei-ma5608t/>

MIKROTIK. (2020). *CCR1009-7G-1C-1S+*. Obtenido de CCR1009-7G-1C-1S+:

<https://mikrotik.com/product/CCR1009-7G-1C-1Splus>

Mikrotik. (2021). *CCR1072-1G-8S+*. Obtenido de CCR1072-1G-8S+:

<https://mikrotik.com/product/CCR1072-1G-8Splus>

Acosta C. (2012). *Diseño Técnico de la red de acceso para la empresa ARCLAD S.A, mediante tecnología FTTx (Fiber To The X), a través de la infraestructura de red de CNT E.P. y criterios de instalación*. Escuela Politécnica Nacional.

Alea Soluciones. (2017). *Tipos de SFP GPON*. <https://www.aleashop.es/blog/2017/10/05/sfp-gpon/>.

Alibaba.com. (2021). *Fttb De Red Óptica Unidad Caja Azul Ont Wifi 4ge Epon Gpon Onu Wifi - Buy 4 Port Gepon Onu,Onu Wifi,4 Port Onu Product on Alibaba.com*.

<https://spanish.alibaba.com/product-detail/FTTH-Optical-Network-Unit-Blue-Box-60827647103.html>

ALTALA. (2023). *SC UPC BOX*. <https://altalashop.net/rosetas-telecom/2679-sc-upc-box.html>

Alustiza, D. H., Mineo, M., Aredes, D., & Russo, N. A. (2019). Fabricación local de sensores de fibra óptica aplicables al sensado de magnitudes relevantes en ingeniería civil. *AÑO I. VOL, 1*.

Andrade, F. (2020). *¿Qué es el cable de fibra óptica?*

<https://www.cablecom.com.ec/post/qu%C3%A9-es-el-cable-de-fibra-%C3%B3ptica>

Anvimur. (2023). *ONT Huawei EG8145X6 / 4GE + ITELF. + 1USB + Wi-Fi 6ax 2.4/5G AC 5dBi*. <https://www.anvimur.com/es/material-fibra-optica/2047-ont-huawei-eg8145x6-4ge-1telf-1usb-wi-fi-6ax-245g-ac-5dbi.html>

Apablaza, F. (2015). *NG-WDM*. <https://www.textoscientificos.com/redes/ng-wdm>

Bagad V. S. (2009). *Optical Fiber Communications* (First Edition, Vol. 1). Technical Publications.

BATNA24. (2022). *Huawei MA5608T*. <https://www.batna24.com/en/p/huawei-ma5608t-olt-rmnl>

Castillo José Antonio. (2019, February 15). *▷ Fibra óptica: qué es, para qué se usa y cómo funciona*. <https://www.profesionalreview.com/2019/02/15/fibra-optica-que-es/>

Cesconect.net. (2022). *Fibra Óptica*.

[http://www.cesconet.net/index.php?option=com\\_sppagebuilder&view=page&id=3&Itemid=117](http://www.cesconet.net/index.php?option=com_sppagebuilder&view=page&id=3&Itemid=117)

- Chávez, V. (2020). *¿Qué es una fusionadora de fibra óptica?* <https://fibremex.com/fibra-optica/views/Blog/detalle.php?id=86&nom=que-es-una-fusionadora-de-fibra-optica>
- CISCO. (2022). *Switches Cisco Catalyst de la serie 4900 - Cisco*.  
[https://www.cisco.com/c/es\\_mx/support/switches/catalyst-4900-series-switches/series.html](https://www.cisco.com/c/es_mx/support/switches/catalyst-4900-series-switches/series.html)
- Corporación Nacional de Telecomunicaciones - CNT. (2012). *NORMAS DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE REDES DE TELECOMUNICACIONES*.
- CRT. (2014). *Aerial Dielectric*. <Http://Www.Crttele.Com/Productos/Cables-Opticos/Adss/Cable-Optico-Dielectrico-Adss-Selfsupportting.Html>.
- CY COM. (2021). *Conector de las fibras ópticas de la PC/de APC de FC SX*.  
<https://spanish.fiber-patch-cord.com/sale-1863762-fc-sx-pc-apc-fiber-optics-connector.html>
- Díaz M. (2020). *Diseño de un enlace de fibra óptica por cable submarino entre Ecuador Continental e Insular para acceso a internet. EPN, Quito, Ecuador*.
- DYCOTEC S. A. (2021). *Patch Cords y Pigtails*. <https://www.dycocet.com/prod-patch-pigtail.html>
- Eltecon. (2022). *Cable de fibra óptica OPGW*. <https://eltecon.com.ec/producto/cable-de-fibra-optica-opgw/>
- Erden, S. (2020). *Ángulo Crítico Y La Reflexión Total*.  
[https://www.physicstutorials.org/es/%C3%B3ptica/refracci%C3%B3n-de-la-luz/%C3%A1ngulo-cr%C3%ADtico-y-la-reflexi%C3%B3n-total/?](https://www.physicstutorials.org/es/%C3%B3ptica/refracci%C3%B3n-de-la-luz/%C3%A1ngulo-cr%C3%ADtico-y-la-reflexi%C3%B3n-total/)
- Fibras Ópticas México. (2021). *FOM*. <https://fibrasopticasdemexico.com/tienda/>
- FOCC. (2021). *Manga de empalme de fibra óptica*.

García-García, J. A., Reding-Bernal, A., & López-Alvarenga, J. C. (2013). Cálculo del tamaño de la muestra en investigación en educación médica. *Investigación En Educación Médica*, 2(8), 217–224. [https://doi.org/10.1016/S2007-5057\(13\)72715-7](https://doi.org/10.1016/S2007-5057(13)72715-7)

Globenet Internacional. (2016). *¿NUEVAS EXIGENCIAS EN LA RED?, LA SOLUCIÓN DE LAS REDES GPON*. <https://www.globenetcorp.com/es/elblog/gpon-redes-opticas-capacidad-gigabit/>

Huawei. (2016). *Redes de Transmisión*. .

<https://support.huawei.com/enterprise/es/category/optical-access-pid1482605784817?submodel=doc>.

INEC. (2010). *Estadísticas de Población Cantón Otavalo*.

[https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Bibliotecas/Fasciculos\\_Censales/Fasc\\_Cantonaes/Imbabura/Fasciculo\\_Otavalo.pdf](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Bibliotecas/Fasciculos_Censales/Fasc_Cantonaes/Imbabura/Fasciculo_Otavalo.pdf)

ITU-T. (2016a). *Características de las fibras y cables ópticos monomodo*.

ITU-T. (2016b). *G.652 : Characteristics of a single-mode optical fibre and cable*.

<https://www.itu.int/rec/T-REC-G.652-201611-I>

ITU-T. (2016c). *G.657 : Characteristics of a bending-loss insensitive single-mode optical fibre and cable*. <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.657-201611-I>

G.987.1 SERIES G: TRANSMISSION SYSTEMS AND MEDIA, DIGITAL SYSTEMS AND NETWORKS, (2020).

Jiménez, A. (2016). *Oferta y Demanda - La Economía*. <https://laeconomia.com.mx/oferta-y-demanda/>

Josan, M. (2017). *Cómo funciona una conexión de fibra. GPON y FTTH - NASeros.*

<https://naseros.com/2017/03/13/como-funciona-una-conexion-de-fibra-gpon-y-ftth/>

KEYNET Systems. (2023a). *Cable 8fo SM G657A2 900u f.vidrio LSZH CPR B2ca-s2,d0,a1*

*negro.* <https://keynet-systems.com/tienda/es/f1a-cable-sm-ajustada-lszh-b2ca-interiorexterior-/1252-cable-8fo-sm-g657a2-900%CE%BC.html>

KEYNET Systems. (2023b). *Cable 12fo holgada G652D Fv, fiador acero, PE span 100mt*

*v.90km/h 2mm.* <https://keynet-systems.com/tienda/es/f28-cable-sm-holgada-monotubo-fiador-acero-pe-exterior-/2516-f28-cable-sm-holgada-monotubo.html>

KEYNET Systems. (2023c). *Cable FTTh plano 1fo SM 250u'' G657A2 cubierta baja fricción*

*LSZH-FR negro (carrete+caja).* <https://keynet-systems.com/tienda/es/cable-fibra-sm-para-acometidas-cubierta-plana-/1631-cable-plano-1fo-acometida-sm.html>

KEYNET Systems. (2023d). *Caja FTTh exterior IP65 PC gris.* [https://keynet-](https://keynet-systems.com/tienda/es/-cajas-distribucion-ip65-exterior-/766-caja-ftth-exterior-ip65-pc-gris.html)

[systems.com/tienda/es/-cajas-distribucion-ip65-exterior-/766-caja-ftth-exterior-ip65-pc-gris.html](https://keynet-systems.com/tienda/es/-cajas-distribucion-ip65-exterior-/766-caja-ftth-exterior-ip65-pc-gris.html)

Keynet Systems. (2023). *Caja FTTh exterior IP65 PC gris.Splitters cassette1x16 y 16 adap.*

<https://keynet-systems.com/tienda/es/-cajas-distribucion-ip65-exterior-/652-caja-ftth-exterior-ip65-pc-gris-16adapt-1x16splitterscassette.html>

KEYNET Systems. (2023e). *Latiguillo SX SC/APC-SC/APC SM G657A2 3mm LSZH-FR*

*amarillo 3mt.* <https://keynet-systems.com/tienda/es/latiguillospatchcords-sc-simplex-sm-g657a2/80-latiguillo-sm-simplex-sc-apc-3mm-5mt.html>



KEYNET Systems. (2023f). *Pigtail SC/APC SM 9/125 G657A2 LSZH-FR 0,9mm amarillo 1,5mt*. <https://keynet-systems.com/tienda/es/pigtails-sm-g657a2/792-pigtail-scipc-sm-15mt.html>

Made in China. (2022a). *Huawei Gpon Olt Terminal de la línea óptica Smartax MA5800-x17 - China Gpon Olt, Terminal de la línea de fibra óptica*. [https://es.made-in-china.com/co\\_jzhitech/product\\_Huawei-Gpon-Olt-Optical-Line-Terminal-Smartax-Ma5800-X17\\_rrryhonyg.html](https://es.made-in-china.com/co_jzhitech/product_Huawei-Gpon-Olt-Optical-Line-Terminal-Smartax-Ma5800-X17_rrryhonyg.html)

Made in China. (2022b). *Ma5608t Dual 10GE AC Olt Huawei Chasis con 2xmcud1 1xmpwd - China Ma5608t, Olt*. [https://es.made-in-china.com/co\\_fiberking/product\\_Ma5608t-Dual-10ge-AC-Olt-Huawei-Chassis-with-2xmcud1-1xmpwd\\_eeryhngoy.html](https://es.made-in-china.com/co_fiberking/product_Ma5608t-Dual-10ge-AC-Olt-Huawei-Chassis-with-2xmcud1-1xmpwd_eeryhngoy.html)

Martínez, J. (2018). *La propagación de la luz en la fibra óptica*. <https://www.prored.es/la-propagacion-de-la-luz/>

Meave, D. A. (2009). *Guía de Tendido*.

Mercado Libre. (2021). *Caja Empalme O Manga Horizontal Para Fibra Optica 96 Fibras* . [https://articulo.mercadolibre.com.ve/MLV-710158932-caja-empalme-o-manga-horizontal-para-fibra-optica-96-fibras-\\_JM#position=1&search\\_layout=grid&type=item&tracking\\_id=95f43c9e-5427-4528-be96-f9e46d3dd3e7](https://articulo.mercadolibre.com.ve/MLV-710158932-caja-empalme-o-manga-horizontal-para-fibra-optica-96-fibras-_JM#position=1&search_layout=grid&type=item&tracking_id=95f43c9e-5427-4528-be96-f9e46d3dd3e7)

Mercado Libre. (2023). *Odf 48 Puertos Metal Conectorizado Apc/upc* . <https://articulo.mercadolibre.com.ec/MEC-522698175-odf-48-puertos-metal-conectorizado-apcupc-x-mayor-y-menor->

\_JM#position=8&search\_layout=stack&type=item&tracking\_id=1b8b9748-c15a-49b9-94eb-77b65634d693

MIKROTIK. (2022). *Landatel & Mikrotik*.

[https://mum.mikrotik.com/presentations/ES16/presentation\\_3935\\_1474466825.pdf](https://mum.mikrotik.com/presentations/ES16/presentation_3935_1474466825.pdf)

MIMC. (2022). *REFRACCIÓN DE LA LUZ*. <https://maragnas.wixsite.com/edu-fotografia/copia-de-comportamiento-luz-reflexin-2>

Morph Wifi. (2023). *Huawei OLT Carrier Class Serie SmartAX EA5800 X2*.

<https://morphwifi.com/producto/huawei/olt/hsmartaxea5800x2acdc1t/>

Ondarse, D. (2022). *10 ejemplos de reflexión de la luz* . <https://dudalia.com/tarea/lero>

OPTICOMFIBER. (2019). *Fibra monomodo y fibra multimodo* .

<http://www.opticomfiber.com/info/single-mode-fiber-multi-mode-fiber-31911681.html>

Optiwave. (2023). *Optiwave Photonic Software*. <https://optiwave.com/>

Ormeño, M. (2016). *Historia de los conectores para fibra óptica* .

<https://www.telecable.com/blog/historia-de-los-conectores-para-fibra-optica/655>

Palacios, R. (2020). *RECONFIGURACIÓN ÓPTIMA DE REDES DE DISTRIBUCIÓN QUE CONTIENEN GENERACIÓN DISTRIBUIDA HIDROELÉCTRICA, APLICANDO UN ALGORITMO DE OPTIMIZACIÓN BASADO EN COLONIA DE HORMIGAS*.

Paradiso, J. (2020). *ARQUITECTURAS Y CARACTERÍSTICAS DE REDES FTTD Y GPON*.

Pérez, J. (2012). *Definición de reflexión de la luz - Qué es, Significado y Concepto*.

<https://definicion.de/reflexion-de-la-luz/>

Polo, I. M., Suarez, C., Consultor, E., José, I., Cachimuel, C., Marcelo, I., Mejía, P., Kenia, E., Roberth, M., Ayala, J., Segundo, J., Santillán, M., Maribel, S., Silva, M., Amaguaña, T., María, R., Peralta, B., Cachimuel, A. B., Echeverría, D. A., & Isama, F. (2015).

*ACTUALIZACIÓN DEL PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL DE LA PARROQUIA EUGENIO ESPEJO 2015 – 2019.*

Prieto, J. (2014). *DISEÑO DE UNA RED DE ACCESO MEDIANTE FIBRA ÓPTICA.*

Ramírez, A. (2022, August). *Definición de Difracción.*

<https://www.definicionabc.com/ciencia/difraccion.php>

RedFTTH. (2023). *RedFTTH – Software de Diseño Red FTTH.* <https://redftth.com/>

Reyes, L. (2017, July 17). *Características Eléctricas de las fibras ópticas: Ancho de banda, Atenuación.* <https://ingenieriaelectronica.org/caracteristicas-electricas-las-fibras-opticas-ancho-banda-atenuacion/>

RS. (2021). *Cable de fibra óptica RS PRO OM2, con A: ST, con B: Sin terminación, long. 1m, funda libre de halógenos y bajo nivel de.* <https://es.rs-online.com/web/p/cables-de-fibra-optica/5368648>

Ruiz, M. (2019). *DISEÑO DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA FTTH PARA BRINDAR EL SERVICIO DE INTERNET A LOS USUARIOS DE LA EMPRESA REDECOM EN EL CENTRO DE LA CIUDAD DE OTAVALO.* Universidad Técnica del Norte.

Sánchez, D. (2019). *Waterfall vs Agile.* <https://blog.softtek.com/es/waterfall-vs-agile>

Sánchez Diana. (2019). *Waterfall vs Agile.* Softtek. <https://blog.softtek.com/es/waterfall-vs-agile>

Sánchez, J. (2018). *Análisis evolutivo de las redes de acceso de fibra óptica GPON - XGPON*.

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL.

Santa Cruz, O. (2018). *Introducción Principios generales del sistema de fibra óptica*. Argentina.

SectorElectricidad. (2021, June). *Diseño de cables de fibra óptica*.

<https://www.sectorelectricidad.com/34467/disenio-de-cables-de-fibra-optica/>

Silex Fiber. (2021). *Splitters divisores ópticos para FTTH SC LC ST, FC*.

<https://silexfiber.com/categoria-producto/divisores-y-repartidoes-fibra-optica-splitters/>

SILEXFIBER. (2014). *Cable fibra óptica estructura holgada*.

<https://silexfiber.com/portfolio/fibra-optica-holgada/>

Sincables. (2023). *Mangas para Fusión de F.O. 60mm 100u [FTTH]*.

[https://www.sincables.com.ec/product/connection-cmp-0160-tubillos-para-fusion-de-60mm-100u/?cgkit\\_search\\_word=CMP-0160](https://www.sincables.com.ec/product/connection-cmp-0160-tubillos-para-fusion-de-60mm-100u/?cgkit_search_word=CMP-0160)

Smith, J. (2021). *¿Cuánto sabes sobre el splitter PLC?* . <https://community.fs.com/es/blog/how-much-do-you-know-about-plc-splitter.html>

Survey Monkey. (2022). *Calculadora del tamaño de muestra*.

<https://es.surveymonkey.com/mp/sample-size-calculator/>

Syambas, N. (2017). *Hybrid of GPON and XGPON for Splitting Ratio of 1:64*.

Taberner, V. (2010). *Fotografiando Peces Plateados*.

<https://victortaberner.wordpress.com/2010/02/>

TDii. (2021). *Cable dieléctrico autoportante (ADSS)*. <http://supplier-cables.com.ar/2-1-1-all-dielectric-self-supporting-adss-cable.html>

Technopediasite. (2018). *FTTH Components and General Architecture*.

<https://www.technopediasite.com/2018/12/ftth-components-and-general-architecture.html>

TELPRO. (2021). *Fibra óptica y las Pérdidas de la Fibra Óptica*. [https://telpromadrid.eu/fibra-optica/#Atenuacion\\_de\\_la\\_fibra\\_optica](https://telpromadrid.eu/fibra-optica/#Atenuacion_de_la_fibra_optica)

UIT-T. (2015). *L.36 : Conectores de fibra óptica monomodo*. <https://www.itu.int/rec/T-REC-L.36-201501-I/es>

UIT-T. (2016). *G.987.1 : Redes ópticas pasivas con capacidad de 10 Gigabit (XG-PON): Requisitos generales*. <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.987.1-201603-I/es>

UIT-T. (2019). *G.671 : Características de transmisión de los componentes y subsistemas ópticos*. <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.671-201908-I/es>

UIT-T. (2020). *G.987.2 : 10-Gigabit-capable passive optical networks (XG-PON): Physical media dependent (PMD) layer specification - Amendment 2*. <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.987.2-202010-I!Amd2>

UIT-T. (2022). *L.400/ L.12 : Empalmes de fibra óptica*. <https://www.itu.int/rec/T-REC-L.400-202202-I/es>

UNIR. (2020a). *4 metodologías para la gestión de proyectos que debes conocer*. <https://www.unir.net/empresa/revista/metodologias-gestion-proyectos/>

UNIR. (2020b). *4 metodologías para la gestión de proyectos que debes conocer*. <https://www.unir.net/empresa/revista/metodologias-gestion-proyectos/>

Villacis, E. (2015). *Diseño de una red iODN con tecnología FTTH para la Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT-EP en la ciudad de Guaranda. EPN, Quito, Ecuador.*

Wang, J. (2015). *Fiber Patch Cords vs Fiber Pigtails* . <https://medium.com/@jowangus/fiber-patch-cords-vs-fiber-pigtails-16a5ce2c46cf>

WIKIPEDIA. (2022). *Ley de Snell.*

[https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Ley\\_de\\_Snell&gettingStartedReturn=true](https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Ley_de_Snell&gettingStartedReturn=true)

YCICT. (2023). *Huawei SmartAX EA5800 X2 ea5800-x2* .

<https://www.ycict.net/es/products/huawei-smartax-ea5800-x2/>

## 7 ANEXOS

## 7.1 ANEXO 1: Encuesta

## UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

**Encuesta a los habitantes de la comunidad Chuchuqui acerca de la Conectividad a Internet del sector.**

La presente encuesta tiene la finalidad de recoger datos importantes sobre la calidad del servicio de Internet existente en la comunidad de Chuchuqui, Parroquia de Eugenio.

Marque con una X y argumente su respuesta de ser necesario:

**1. ¿Cuenta con el servicio de Internet en su hogar?**SI NO **2. Actividad que realiza:** Trabajar Estudiar Otros**3. ¿Le gustaría contar con servicio de internet a través de fibra óptica?** SI NO**4. ¿Cuál es el medio por el cual cuenta su servicio de Internet en la actualidad?**Cableado de Cobre Cable Coaxial Fibra Óptica Antena **5. ¿Cuál es el ancho de banda contratado en su servicio actual?**

5 Mbps-15 Mbps

15Mbps-30 Mbps

Más de 30 Mbps

6. ¿Cuál es el costo que paga por su plan actual?

10-20 dólares

20-30 dólares

Más de 30 dólares

7. ¿Está satisfecho con el servicio de Internet que tiene actualmente en su hogar?

Bueno

Regular

Malo

8. ¿Para qué actividades utiliza principalmente Internet?

Estudios/Investigaciones

Clases en línea

Videollamadas

Videojuegos en línea y

Servicios de Streaming

Youtube

9. ¿Conoce usted los beneficios de adquirir un servicio de Internet con fibra óptica?

SI

NO



**10. ¿Le gustaría mejorar el ancho de banda de su plan actual por un precio similar, pero con mejor estabilidad, soporte y beneficios?**

SI

NO

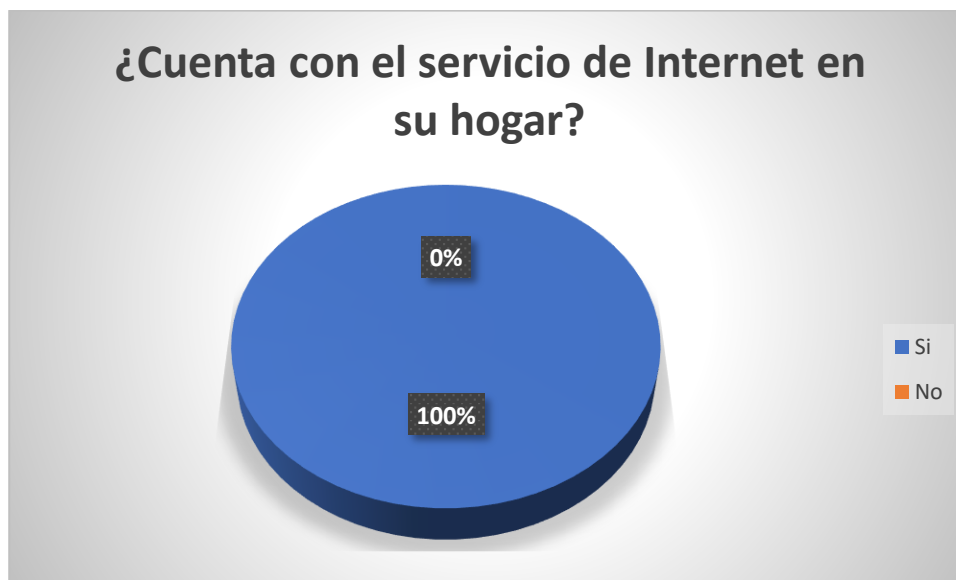
**11. ¿Estaría dispuesto a cambiar su proveedor de Internet, si existe una empresa que oferte un servicio a través de fibra óptica con precios similares a los que paga actualmente?**

SI

NO

## 7.2 ANEXO 2: Tabulaciones de Encuesta

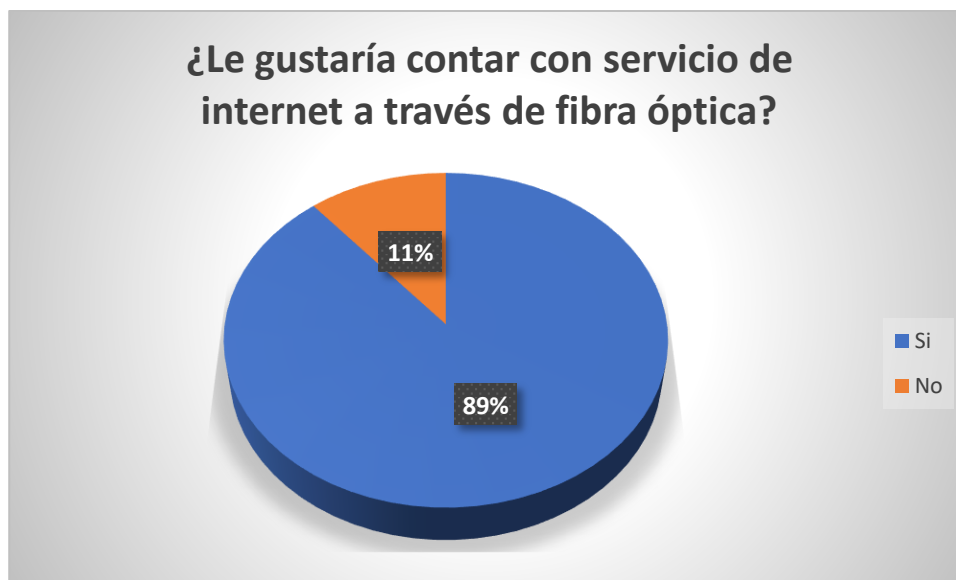
Tabulación Pregunta 1:



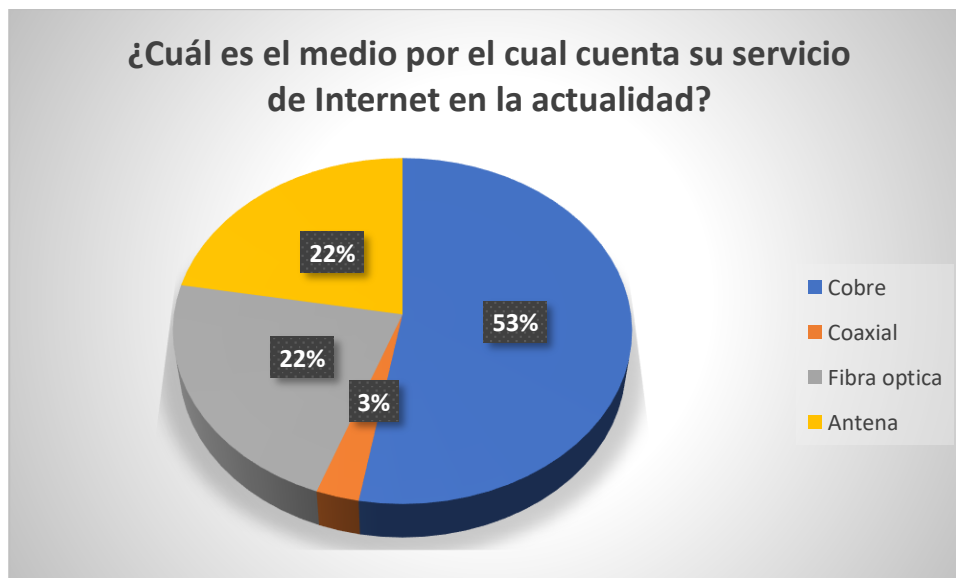
Tabulación Pregunta 2:



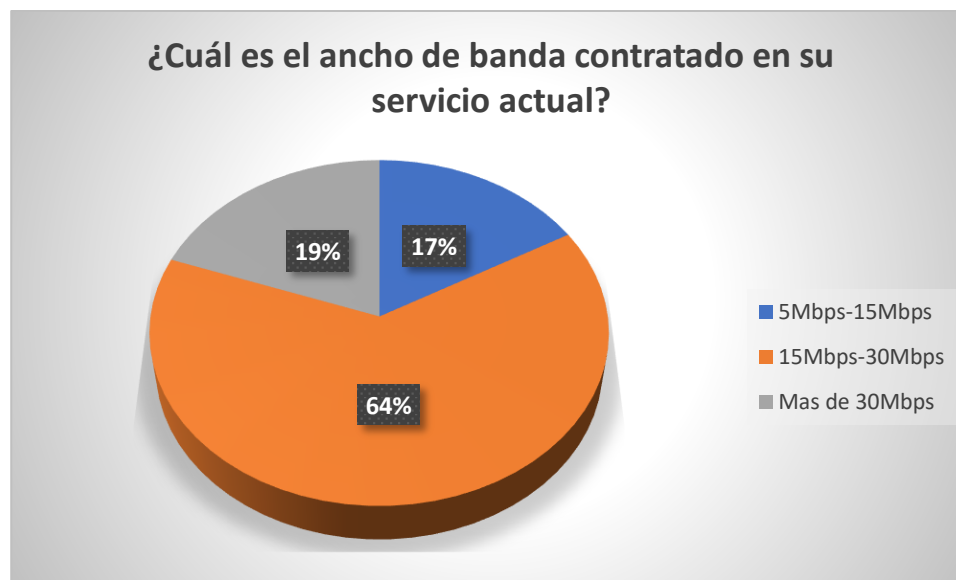
Tabulación Pregunta 3:



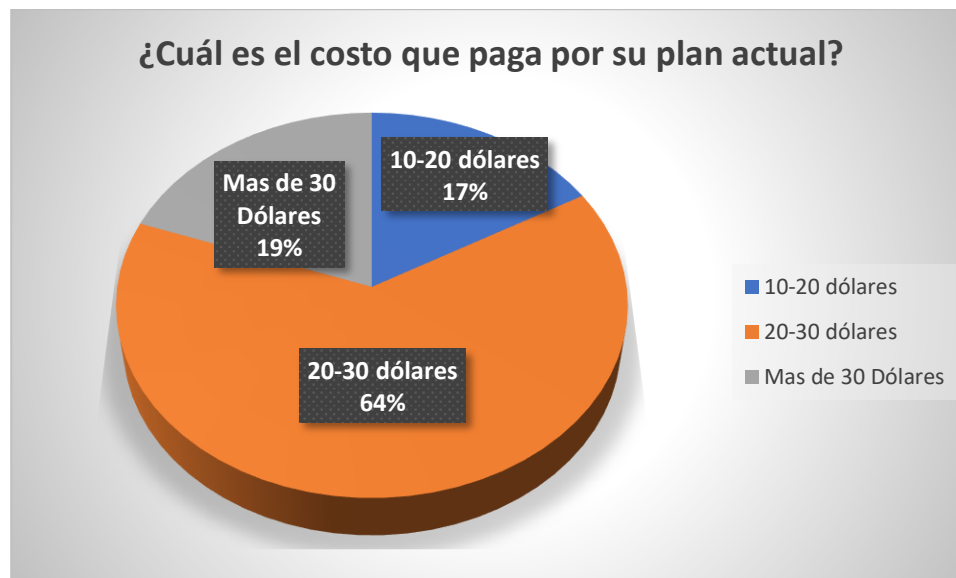
Tabulación Pregunta 4:



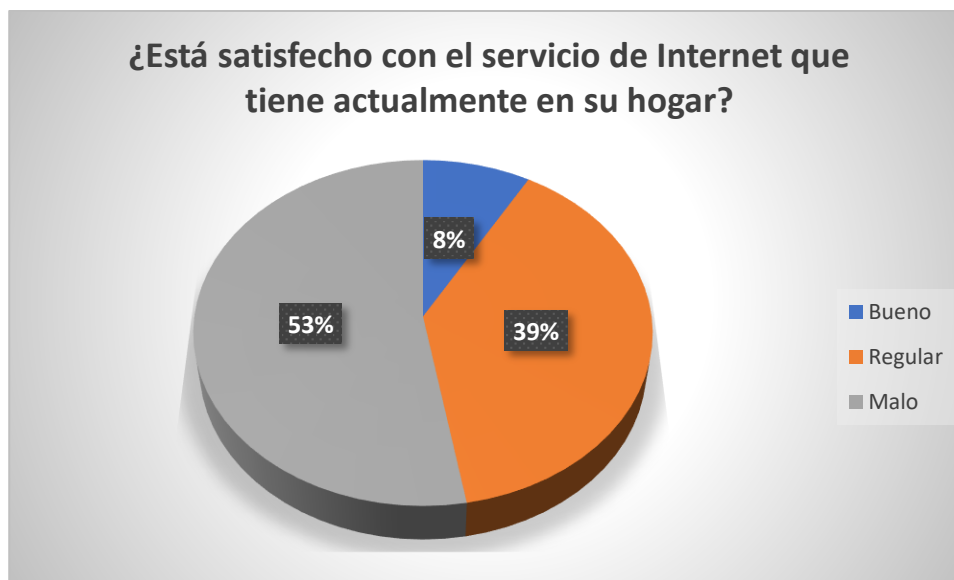
Tabulación Pregunta 5:



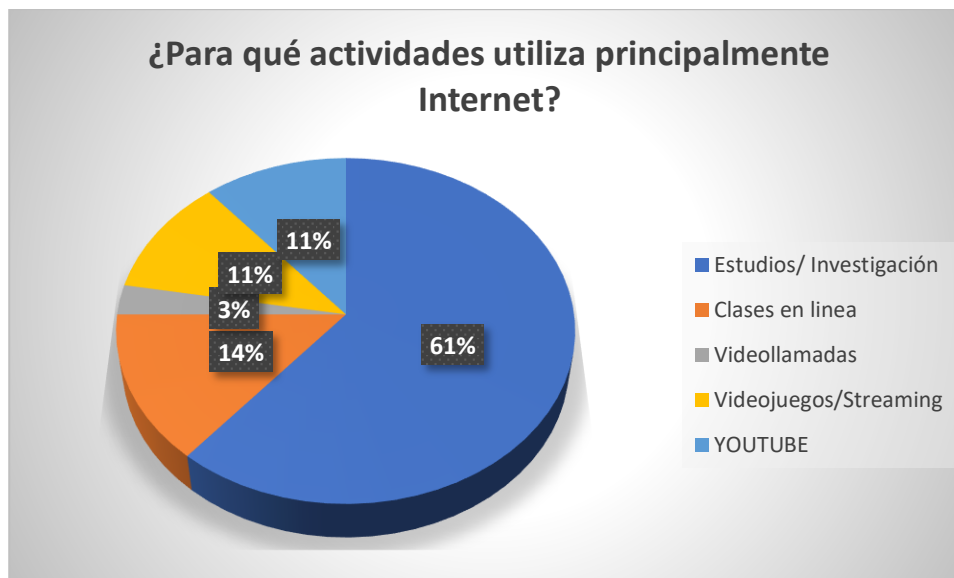
Tabulación Pregunta 6:



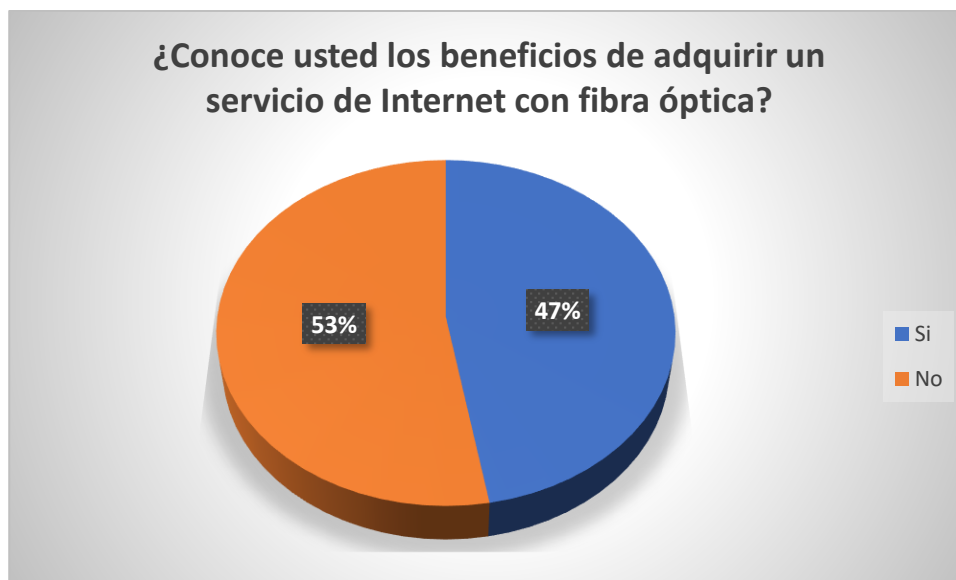
Tabulación Pregunta 7:



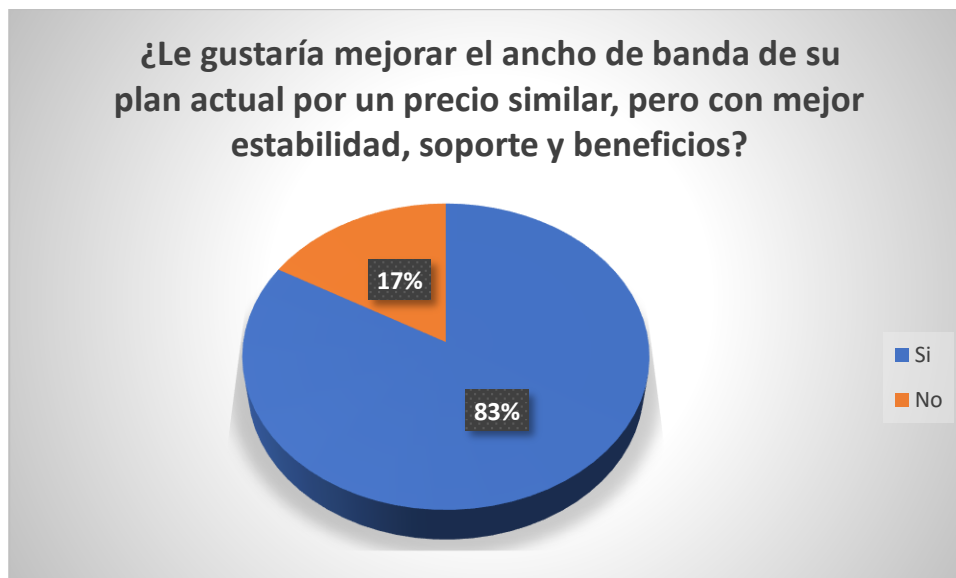
Tabulación Pregunta 8:



Tabulación Pregunta 9:

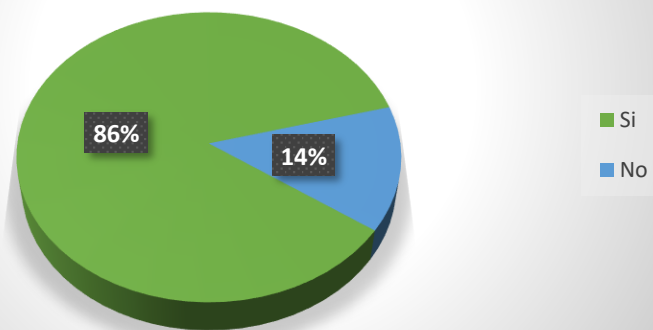


Tabulación Pregunta 10:



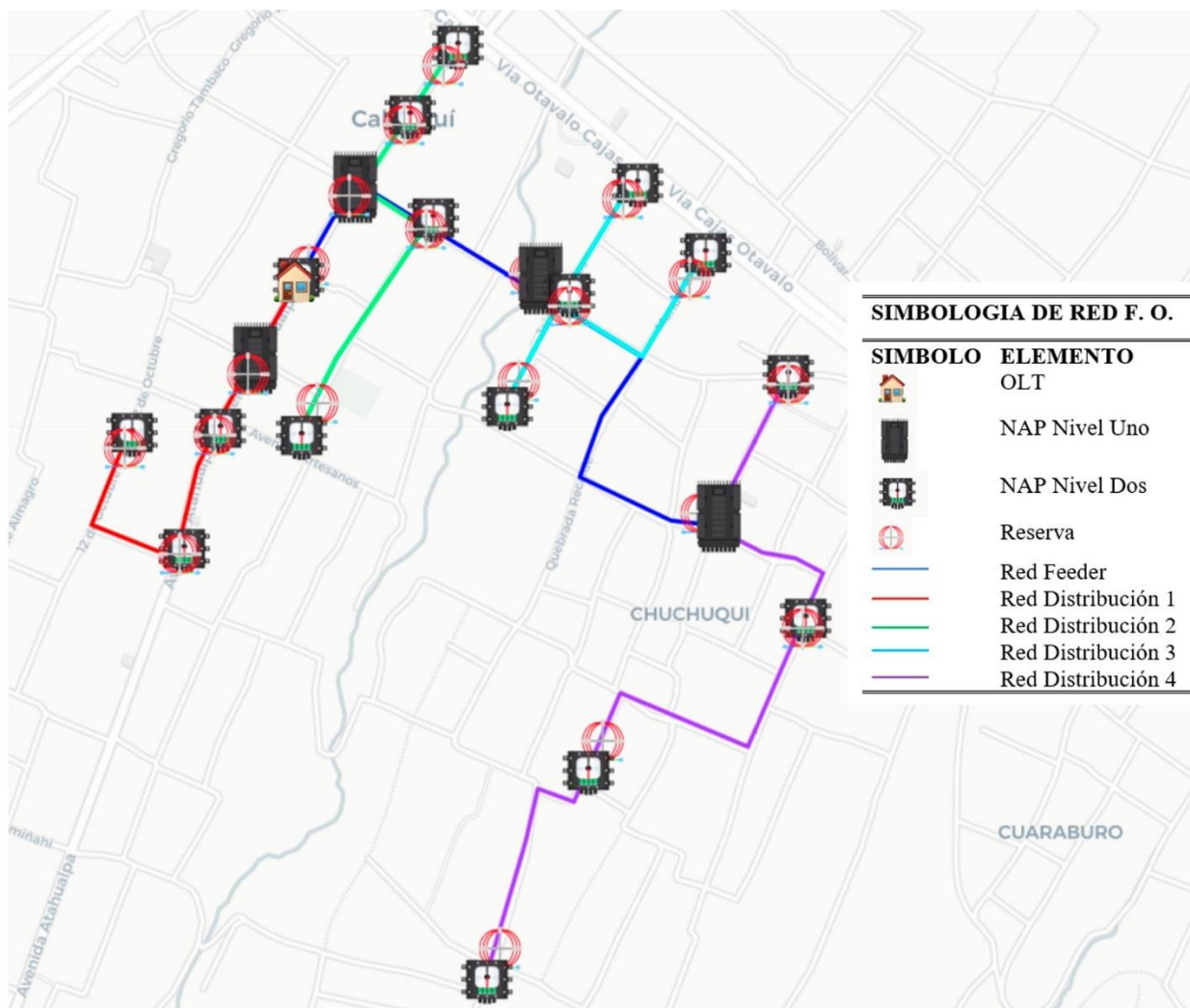
## Tabulación Pregunta 11:

¿Estaría dispuesto a cambiar su proveedor de Internet, si existe una empresa que oferte un servicio a través de fibra óptica con precios similares a los que paga actualmente?



### 7.3 ANEXO 3: Diseño de Red

Diseño de Red de Fibra Óptica Comunidad Chuchuquí:



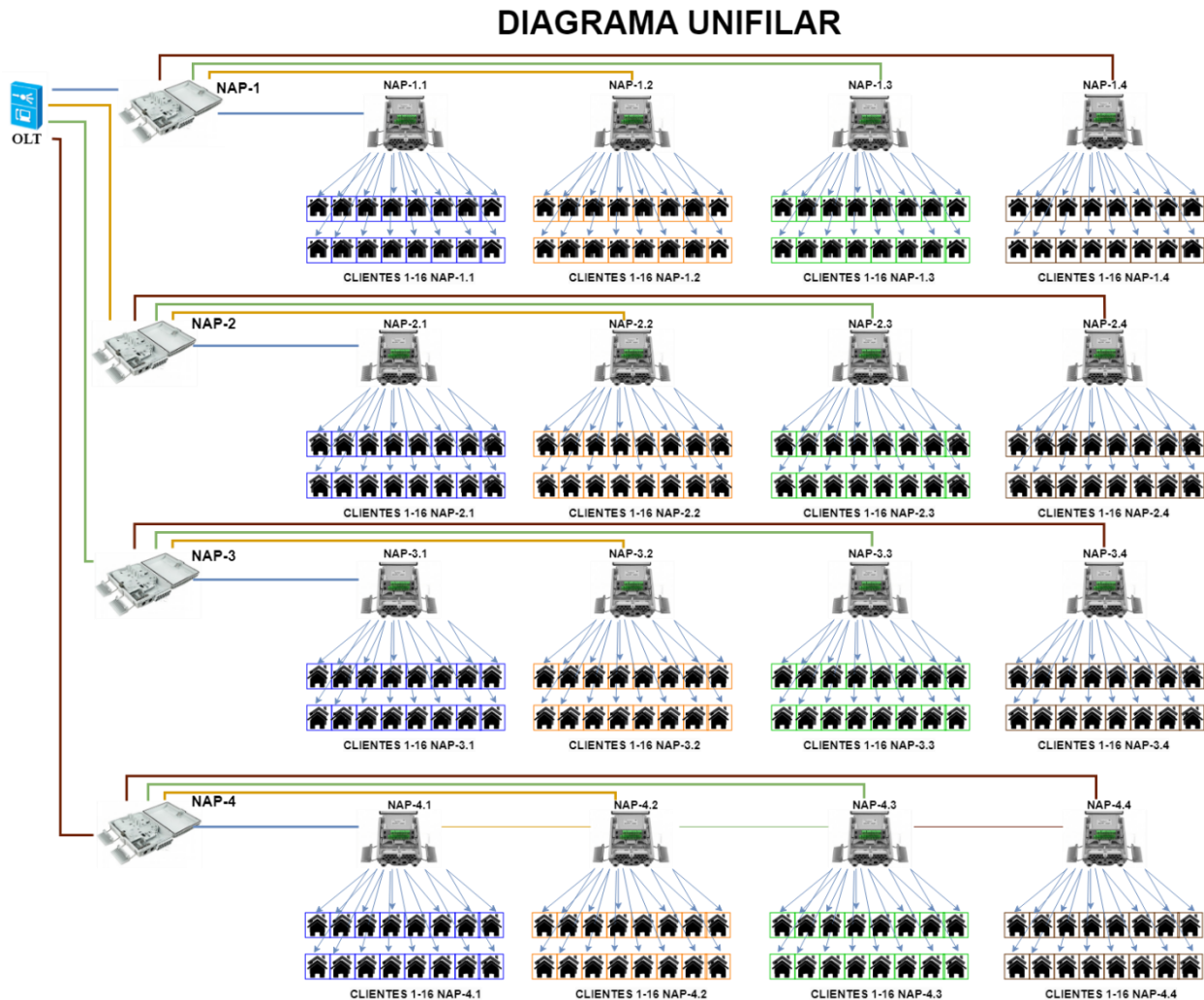
Link: <https://utneduec->

[my.sharepoint.com/:i:/g/person/dasanchezv\\_utn\\_edu\\_ec/ESQKRHOYnlxJhCAwv0o74QMB83](https://my.sharepoint.com/:i:/g/person/dasanchezv_utn_edu_ec/ESQKRHOYnlxJhCAwv0o74QMB83)

[2M4kpHQBkq5UbOjYUVSg?e=R1qCT3](https://my.sharepoint.com/:i:/g/person/dasanchezv_utn_edu_ec/ESQKRHOYnlxJhCAwv0o74QMB832M4kpHQBkq5UbOjYUVSg?e=R1qCT3)



## 7.4 ANEXO 4: Diagrama Unifilar



Link: <https://utneduec->

[my.sharepoint.com/:i/g/person/dasanchezv\\_utn\\_edu\\_ec/EZJiax1p9s5Hlo89q7f7xF0BzOZ104](https://utneduec-my.sharepoint.com/:i/g/person/dasanchezv_utn_edu_ec/EZJiax1p9s5Hlo89q7f7xF0BzOZ104)

[9E\\_a5uE-ZtPBSXUw?e=kP1poK](https://utneduec-my.sharepoint.com/:i/g/person/dasanchezv_utn_edu_ec/EZJiax1p9s5Hlo89q7f7xF0BzOZ104?e=kP1poK)

## 7.5 ANEXO 5: Datasheets

OLT:

## Technical Specifications

Physical Specifications				
Item	EA5800-X17	EA5800-X15	EA5800-X7	EA5800-X2
Supported cabinet	N63E-22	N66E-22	N66E-22	N63E-22
Maximum weight (including mounting brackets)	45 kg	35 kg	26 kg	9.4 kg
Maximum input current	60 A	60 A	40 A	DC power supply: 20 A AC power supply: 8 A
Power supply mode	DC power support (dual for backup)			DC power support (dual for backup) AC power supply + battery for backup
Working voltage range	-38.4 V DC to -72 V DC			DC power supply: -38.4 V to -72 V AC power supply: 100 V to 240 V
Rated voltage	-48V/-60V			DC power supply: -48 V/-60 V AC power supply: 110 V/220 V

## Physical Specifications

Ambient temperature	-40°C to +65°C* The EA5800 can start up at a lowest temperature of -25°C . *The +65°C temperature refers to the highest temperature measured at the air intake vent.
Ambient humidity	5% RH to 95% RH
Atmospheric pressure	70 kPa to 106 kPa
Altitude	< 4000m** **The air density varies with the altitude and will affect the heat dissipation of a device. Therefore, the working environment temperature of the EA5800 varies with the altitude.

## Maximum Number of Ports in a Subrack

Item	EA5800-X17	EA5800-X15	EA5800-X7	EA5800-X2
GPON ports	272	240	112	32
XG-PON ports	136	120	56	16
XGS-PON ports	136	120	56	16
GE/FE ports	816	720	336	96
10GE ports	408	360	168	16

<b>System Specifications</b>				
<b>Item</b>	<b>EA5800-X17</b>	<b>EA5800-X15</b>	<b>EA5800-X7</b>	<b>EA5800-X2</b>
Switching capacity of the control board (load sharing mode)	3.6 Tbit/s			480 Gbit/s
Maximum bandwidth per service slot (load sharing mode)	100 Gbit/s			80 Gbit/s
System Layer 2 packet forwarding rate (load sharing mode)	5298 Mpps			714 Mpps
Maximum number of concurrent 4K video users	16000		8000	2000
Maximum number of MAC address	262143			
Maximum number of IPv4 routing tables	65536			
Maximum number of IPv6 routing tables	16384			
Maximum number of ARP tables	131072			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Before the V100R018C10 version: 131072</li> <li>• V100R019C00 and later versions: 32768</li> </ul>
Switching/Forwarding delay	Short forwarding delay: The 100 Mbit/s Ethernet port sends the 64-byte Ethernet packets at a delay shorter than 20 $\mu$ s.			
Bit error rate (BER) in full load	A BER smaller than $10 \times 10^{-7}$ for a port that transmits data in full load			

## NAPs Nivel Uno:

## Especificaciones técnicas

Referencias		FDO-3012-A	
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	
Puertos entrada	Entrada	Mid-span 2 x $\phi$ 16mm - Cables $\phi$ 6 a 12 mm	
	Fijación	2 bridas metálicas + tensor	
	Toma de tierra	Sí	
Salidas acometidas	Salida	12 x $\phi$ 4 mm (máx. cable)	
	Sellado puertos	Grommet	
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	mm	55	
Color		Gris	
Medidas	Ancho	195	
	Largo	255	
	Fondo	80	
Peso	gr	900	
Accesorios	Fijación a pared	4 tornillos M6 + 4 tacos M8	
	Fijación a poste	Adaptador para poste	
	Sujeción cableado	2 bridas nylon + 1 soporte adhesivo	
	Protector termo-retráctil empalmes	12 uds	
	Llave	2 uds	
	Prensaestopa	2 x PG19 ( $\phi$ 23,7mm), cable $\phi$ 12-16mm	
	Tubo guía fibras	2 uds. $\phi$ ext 5mm - $\phi$ int 3.2mm longitudes 18 y 25cm	

## NAPs Nivel 2:

## Especificaciones técnicas

Referencias			FDO-4016B-CAS14SA	FDO-4016B-CAS18SA	FDO-4016B-CAS116SA	
Construcción	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		
		Fijación		Abrazadera + tensor		
	Puertos de segregación	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 / 4 mm - Admite fibra plana 3x2		
		Material		Puertos de goma negra precortados		
	Capacidad total de empalmes		16			
	Radio curvatura	mm	30			
	Capacidad splitter cassette		2 splitters excepto el modelo 1x16 que sería un único splitter			
	Capacidad de splitters PLC		1 x bandeja de fusión			
	Medidas	Ancho	mm	175		
		Largo	mm	285		
Alto		mm	80			
Peso	gr	1200		1250		
Color		Gris (RAL 9018 / Pantone 428C)				

ONUs:

## Device Parameters

Operating temperature	0 °C to 40 °C	NNI	XG-PON
Operating humidity	5% RH to 95% RH (non-condensing)	UNI	4*GE+1*POTS+2.4G/5G Wi-Fi 6+1USB
Power adapter input	100–240 V AC, 50/60 Hz	Optical connector	SC/UPC
System power supply	11–14 V DC, 1.5 A	Indicators	Power/PON/LOS/LAN/TEL/USB/WLAN/WPS
Static power consumption	8 W	Weight	About 400 g
Maximum power consumption	18 W	Dimensions (H x W x D) (without external antenna and pads)	40 mm x 185 mm x 120 mm
Memory	128M Flash, 256M RAM		

## Interface Parameters

<b>XG-PON port</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Class N1/N2a/E1</li> <li>• Receiver sensitivity: -28 dBm</li> <li>• Wavelengths: US 1260-1280 nm, DS 1575-1580 nm</li> <li>• Wavelength blocking filter (WBF)</li> <li>• Flexible mapping between GEM Port and TCONT</li> <li>• SN/Password/SN+Password/Bi-directional authentication based on OMCI</li> <li>• Upstream and downstream FEC</li> <li>• SR-DBA and NSR-DBA</li> <li>• 2.5 Gbit/s upstream, 10 Gbit/s downstream</li> </ul>	<b>POTS port</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Maximum REN: 4</li> <li>• G.711A/μ, G.729a/b and G.722 encoding/decoding</li> <li>• T.30/T.38/G.711 fax mode</li> <li>• DTMF</li> <li>• Emergency calls (with the SIP protocol)</li> </ul>
<b>WLAN</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• IEEE 802.11 b/g/n/ax (2.4G)</li> <li>• IEEE 802.11 a/n/ac/ax (5G)</li> <li>• 2 ×2 MIMO (2.4G)y 5G</li> <li>• WPA3</li> <li>• Antenna gain: 5 dBi</li> <li>• WMM/Multiple SSIDs/WPS</li> <li>• 2.4G&amp;5G concurrent</li> <li>• Air interface rate: 574 Mbit/s (2.4G), 2402 Mbit/s (5G)</li> <li>• Beamforming</li> <li>• Band steering</li> <li>• DL OFDMA</li> <li>• DL MU-MIMO</li> <li>• 1024QAM</li> <li>• 160MHz frequency bandwidth</li> </ul>	<b>USB port</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• USB2.0</li> <li>• FTP-based network storage</li> <li>• File/Print sharing based on SAMBA</li> <li>• DLNA function</li> </ul>
	<b>Ethernet port</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ethernet port-based VLAN tags and tag removal</li> <li>• 1:1 VLAN, N:1 VLAN, or VLAN transparent transmission</li> <li>• QinQ VLAN</li> <li>• Limit on the number of learned MAC addresses</li> <li>• MAC address learning</li> <li>• Auto-adaptive 10 Mbit/s, 100 Mbit/s or 1000 Mbit/s</li> </ul>

**7.6 Anexo 6: Proyecciones Clientes SITEC S. A.**





## ANÁLISIS Y ESTUDIO DE PROYECCIÓN DE CLIENTES/ABONADOS

### Capacidad de Red 2019

Tarjeta de 16 puertos PON

Distancia máxima 20km

PON	Primer nivel de spliteo 1-8	Segundo nivel de spliteo 1-8	Capacidad instalada
0	8	128	64
1	8	128	64
2	8	128	64
3	8	128	64
4	8	128	64
5	8	128	64
6	8	128	64
7	8	128	64
8	8	128	64
9	8	128	NA
10	8	128	64
11	8	128	48
12	8	128	NA
13	8	128	NA
14	8	128	NA
15	8	128	40
Capacidad clientes		2048	728

Fecha de inicio de actividades: 17 de noviembre del 2019

#### PLANES ESTABLECIDOS

Nombre	Básico	Clásico	Master	Furious
Valor en USD	17	20	23	30

Gastos 50 M	Meta plan basico	Meta plan Furious	Meta Promedio	Tiempo máximo
875	51 usuarios	29 usuarios	40 usuarios	44 días

## DICIEMBRE 2019

BASICO	CLASICO	MASTER	FURIOUS
0	0	18	2



## RESULTADOS AÑO 2019

META	CLIENTES / ABONADOS	CUMPLIMIENTO
44	20	NO



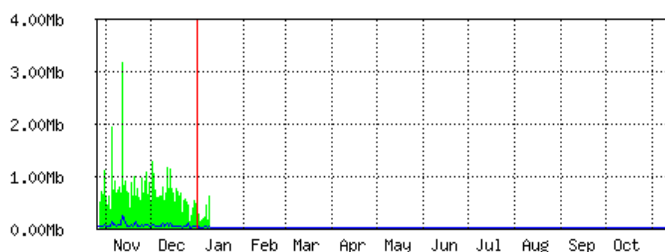
## Aceptación de Planes en el mercado

### NOVIEMBRE Y DICIEMBRE 2019

BASICO	CLASICO	MASTER	FURIOUS
0	0	18	2
0%	0%	90%	10%

La proyección de clientes que se deben integrar para el año 2020 inicia con una base de 20 clientes en 44 días, con la finalidad de cubrir los gastos mínimos.

En consideración del consumo del ancho de banda por parte de los 20 clientes, se asume que cada cliente ocupa en promedio 1 Mbps



Max In: 3.18Mb (31.8%); Average In: 141.79Kb (1.4%); Current In: 32b (0.0%);  
Max Out: 241.58Kb (2.4%); Average Out: 8.61Kb (0.0%); Current Out: 0b (0.0%);

Con lo cual al superar la barrera de los 50 clientes se debe realizar una actualización del ancho de banda (upgrade), considerando la aceptación de los planes ofertados se toma en referencia el valor más alto y el más bajo obteniendo los siguientes valores:

Gastos totales 50M	875 USD	Clientes mínimo plan básico	51
		Clientes mínimo plan Furious	29
		Meta clientes mínimo	40
Gastos totales 100M	950 USD	Clientes mínimo plan básico	56
		Clientes mínimo plan Furious	32
		Meta clientes mínimo	44
Gastos totales 150M	1425 USD	Clientes mínimo plan básico	84
		Clientes mínimo plan Furious	48
		Meta clientes mínimo	66
Gastos totales 250M	2375 USD	Clientes mínimo plan básico	140
		Clientes mínimo plan Furious	79
		Meta clientes mínimo	109

Para el año 2020 se mantiene la misma capacidad de red con la cual se puede alcanzar un total de 728 clientes.

Considerando los datos obtenidos, se espera que para el año 2020 se tenga un promedio de 10 clientes por cada 30 días (un mes).

### PROYECCIÓN 2020

CLIENTES NUEVOS	PERIODO
10	MES
120	AÑO

Durante el año 2020 se analiza los datos de aceptación de planes y total de clientes.

#### TOTAL, CLIENTES Y ACEPTACION DE PLAN ENERO 2020

BASICO	CLASICO	MASTER	FURIOUS
1	0	6	0
14%	0%	86%	0%

#### TOTAL, CLIENTES Y ACEPTACION DE PLAN FEBRERO 2020

BASICO	CLASICO	MASTER	FURIOUS
1	0	1	0
50%	0%	50%	0%

#### TOTAL, CLIENTES Y ACEPTACION DE PLAN MARZO 2020

BASICO	CLASICO	MASTER	FURIOUS
0	0	11	0
0%	0%	100%	0%

#### TOTAL, CLIENTES Y ACEPTACION DE PLAN ABRIL 2020

BASICO	CLASICO	MASTER	FURIOUS
0	0	4	0
0%	0%	100%	0%

#### TOTAL, CLIENTES Y ACEPTACION DE PLAN MAYO 2020

BASICO	CLASICO	MASTER	FURIOUS
1	0	19	0
5%	0%	95%	0%

#### TOTAL, CLIENTES Y ACEPTACION DE PLAN JUNIO 2020

BASICO	CLASICO	MASTER	FURIOUS
3	2	24	1
10%	7%	80%	3%

#### TOTAL, CLIENTES Y ACEPTACION DE PLAN JULIO 2020

BASICO	CLASICO	MASTER	FURIOUS
0	0	25	1
0%	0%	96%	4%

#### TOTAL, CLIENTES Y ACEPTACION DE PLAN AGOSTO 2020

BASICO	CLASICO	MASTER	FURIOUS
1	0	22	1
4%	0%	92%	4%

## TOTAL, CLIENTES Y ACEPTACION DE PLAN SEPTIEMBRE 2020

BASICO	CLASICO	MASTER	FURIOUS
2	0	36	1
5%	0%	92%	3%

## TOTAL, CLIENTES Y ACEPTACION DE PLAN OCTUBRE 2020

BASICO	CLASICO	MASTER	FURIOUS
0	0	27	1
0%	0%	96%	4%

## TOTAL, CLIENTES Y ACEPTACION DE PLAN NOVIEMBRE 2020

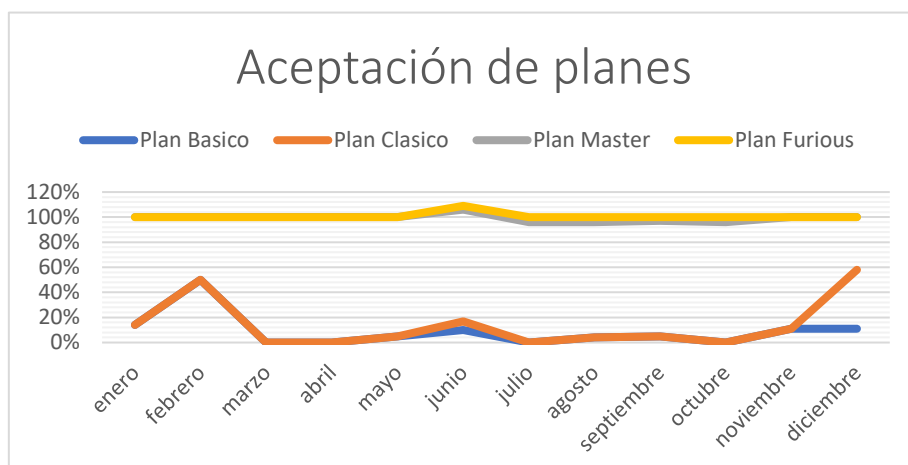
BASICO	CLASICO	MASTER	FURIOUS
1	0	8	0
11%	0%	89%	0%

## TOTAL, CLIENTES Y ACEPTACION DE PLAN DICIEMBRE 2020

BASICO	CLASICO	MASTER	FURIOUS
2	9	8	0
11%	47%	42%	0%

Enero	Febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	septiembre	octubre	noviembre	diciembre
7	2	11	4	20	30	26	23	39	28	9	21





## RESULTADOS AÑO 2020

META	CLIENTES / ABONADOS	CUMPLIMIENTO
120	212	SI

Nota: Se considera solo los clientes activos al finalizar el año 2020

## Capacidad de Red 2021

Tarjeta de 16 puertos PON

Distancia máxima 20km

PON	Primer nivel de spliteo 1-8	Segundo nivel de spliteo 1-8	Capacidad instalada
0	8	128	64
1	8	128	64
2	8	128	64
3	8	128	64
4	8	128	64
5	8	128	64
6	8	128	64
7	8	128	64
8	8	128	64
9	8	128	32
10	8	128	64

11	8	128	48
12	8	128	32
13	8	128	NA
14	8	128	NA
15	8	128	40
Capacidad clientes		2048	792

## PROYECCIÓN 2021

CLIENTES NUEVOS	PERIODO
10	MES
120	AÑO

Con las diferentes circunstancias del año 2020, como la problemática del covid-19 y la necesidad de acceso a las diferentes aplicaciones por Internet fue un año de gran acogida para las empresas proveedoras de este servicio, sin embargo, no se puede considerar como una base definitiva para determinar una proyección a para diferentes periodos.

Se considera realizar el análisis del año 2021 con la finalidad de obtener mas datos y generar una proyección para los siguientes años.

### TOTAL, CLIENTES Y ACEPTACION DE PLAN ENERO 2021

BASICO	CLASICO	MASTER	FURIOUS
3	8	8	2
14%	38%	38%	10%

### TOTAL, CLIENTES Y ACEPTACION DE PLAN FEBRERO 2021

BASICO	CLASICO	MASTER	FURIOUS
4	8	4	1
23%	47%	24%	6%

### TOTAL, CLIENTES Y ACEPTACION DE PLAN MARZO 2021

BASICO	CLASICO	MASTER	FURIOUS
3	5	3	0
27%	46%	27%	0%

## TOTAL, CLIENTES Y ACEPTACION DE PLAN ABRIL 2021

BASICO	CLASICO	MASTER	FURIOUS
2	6	2	0
20%	60%	20%	0%

## TOTAL, CLIENTES Y ACEPTACION DE PLAN MAYO 2021

BASICO	CLASICO	MASTER	FURIOUS
1	2	5	1
11%	22%	56%	11%

## TOTAL, CLIENTES Y ACEPTACION DE PLAN JUNIO 2021

BASICO	CLASICO	MASTER	FURIOUS
3	2	24	1
10%	7%	80%	3%

## TOTAL, CLIENTES Y ACEPTACION DE PLAN JULIO 2021

BASICO	CLASICO	MASTER	FURIOUS
4	3	0	0
57%	43%	0%	0%

## TOTAL, CLIENTES Y ACEPTACION DE PLAN AGOSTO 2021

BASICO	CLASICO	MASTER	FURIOUS
4	2	1	0
57%	29%	14%	0%

## TOTAL, CLIENTES Y ACEPTACION DE PLAN SEPTIEMBRE 2021

BASICO	CLASICO	MASTER	FURIOUS
5	7	4	0
31%	44%	25%	0%

## TOTAL, CLIENTES Y ACEPTACION DE PLAN OCTUBRE 2021

BASICO	CLASICO	MASTER	FURIOUS
3	7	1	2
23%	54%	8%	15%

## TOTAL, CLIENTES Y ACEPTACION DE PLAN NOVIEMBRE 2021

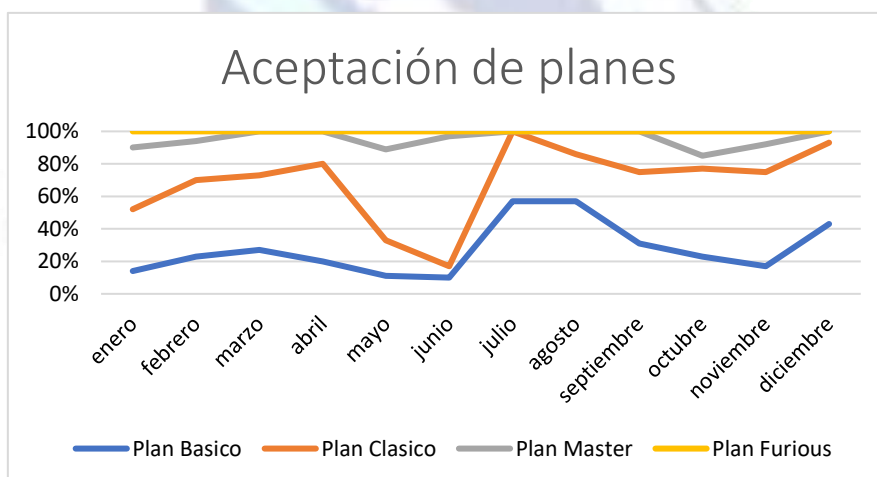
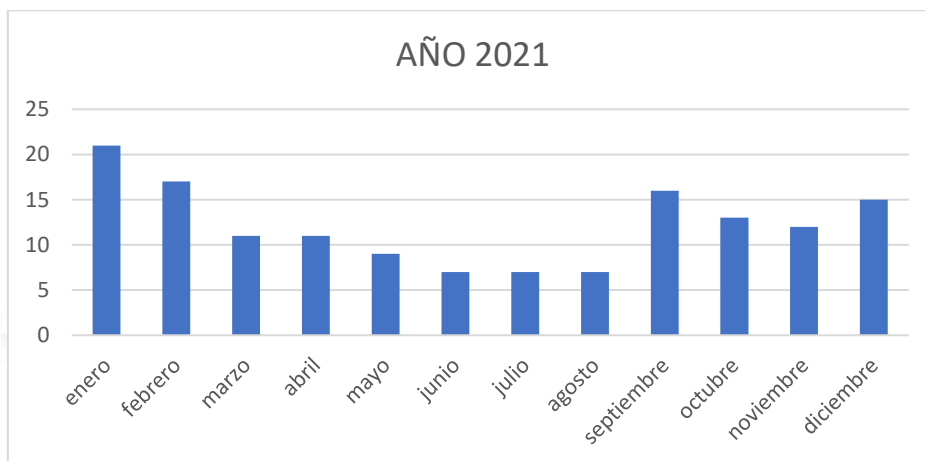
BASICO	CLASICO	MASTER	FURIOUS
2	7	2	1
17%	58%	17%	8%



## TOTAL, CLIENTES Y ACEPTACION DE PLAN DICIEMBRE 2021

BASICO	CLASICO	MASTER	FURIOUS
6	7	1	0
43%	50%	7%	0%

enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	septiembre	octubre	Noviembre	diciembre
21	17	11	11	9	7	7	7	16	13	12	15



## RESULTADOS AÑO 2021

META	CLIENTES / ABONADOS	CUMPLIMIENTO
120	273	SI

Nota: Se considera solo los clientes activos al finalizar el año 2021

## Análisis de Proyección de clientes/abonados

Las diferentes circunstancias a las que la población en general se ha encontrado desde el año 2020 ha generado diferentes necesidades para las diferentes actividades que se realizan tanto en áreas laborales, académicas y/o personales, debido a esto se nota incrementos en la contratación del servicio de Internet, así como también usuarios que no pueden o ya no quieren continuar con el mismo.

Teniendo en cuenta los usuarios con los que se inicia y finaliza cada año desde el 2019 al 2021 se presenta la tabla de proyección de clientes/abonados para los siguientes años.

TABLA DE PROYECCIÓN DE CLIENTES/ABONADOS

AÑO	CLIENTES NUEVOS	CLIENTES ACTIVOS	PROMEDIO/ MES	MINIMO ESPERADO
2019	20	20	10	-----
2020	220	212	18	120
2021	146	273	12	240
2022	120	363	10	360
2023	120		10	480
2024	120		10	600

Msc. Fernando Obando

Presidente SITEC S.A