



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y REDES DE COMUNICACIÓN

**“ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD Y PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE
UNA RED FTTH BASADO EN EL ESTÁNDAR XGPON EN BENEFICIO DE LAS
COMUNIDADES ALTAS DE LA PARROQUIA TABACUNDO.”**

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

AUTOR: SERGIO ROLANDO FERNÁNDEZ CATUCUAGO

DIRECTOR: MSC. JAIME ROBERTO MICHILENA CALDERÓN

ASESOR: MSC. CARLOS ALBERTO VASQUEZ

Ibarra-Ecuador

2022



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

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:

DATOS DEL CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD	1723970701		
APELLIDOS Y NOMBRES	Fernández Catucuago Sergio Rolando		
DIRECCIÓN	Tabacundo, San José		
E-MAIL	srfernandezc@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO		TELÉFONO	0990763136

DATOS DE LA OBRA

TÍTULO	“Análisis de factibilidad y propuesta de implementación de una red FTTH basado en el estándar xGPON en beneficio de las comunidades altas de la parroquia Tabacundo.”
AUTOR	Fernández Catucuago Sergio Rolando
FECHA	10/11/2022
PROGRAMA	Pregrado
TÍTULO	Ingeniero en Electrónica y Redes de Comunicación
DIRECTOR	Ing. Jaime Roberto Michilena Calderón, MsC.

CONSTANCIA

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 el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 10 días del mes de noviembre de 2022

EL AUTOR:



.....

Fernández Catucuago Sergio Rolando



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CERTIFICACIÓN

MAGISTER JAIME MICHILENA, DIRECTOR DEL PRESENTE TRABAJO DE
TITULACIÓN CERTIFICA:

Que, el presente trabajo de Titulación “ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD Y
PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED FTTH BASADO EN EL ESTÁNDAR
XGPON EN BENEFICIO DE LAS COMUNIDADES ALTAS DE LA PARROQUIA
TABACUNDO”. Ha sido desarrollado por el señor Sergio Rolando Fernández Catucuago bajo
mi supervisión.

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

Ing. Jaime Roberto Michilena Calderón, MsC.

DIRECTOR

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación va dedicado con mucho cariño:

Principalmente, a Dios, por bendecirme con los padres que tengo, por guiarme a lo largo de la vida y por permitir culminar con éxitos una etapa más de mi vida.

A mis queridos padres José Leonidas y María Cruz por todo lo que me enseñaron para ser una persona correcta y por su enorme sacrificio para darme la educación.

A mis hermanos Welington y Alexander por darme la oportunidad de compartir momentos inolvidables desde la niñez y por su apoyo incondicional.

A mis familiares por los sabios consejos que me supieron compartir para seguir adelante en mi vida estudiantil.

A mi novia Mónica por estar siempre a mi lado en los buenos y malos momentos que hemos pasado, por su apoyo incondicional desde el inicio de mi vida universitaria hasta hoy en día.

Especialmente al hermoso regalo que Dios me ha brindado, a mi querido hijo Jhosuá a quien amo con todo mi corazón, por brindarme la dicha de ser padre y por ser la motivación de cada día.

Sergio Fernández

AGRADECIMIENTO

Primordialmente, agradezco a Dios por bendecirme y acompañarme en todos los momentos dificultosos que he tenido, por darme fuerzas y sabiduría para llegar a culminar una meta más en mi vida.

Agradezco a la sublime Universidad Técnica del Norte “UTN” y a la FICA por permitirme formarme profesionalmente. A los docentes por inculcarme sus conocimientos en cada paso hacía llegar a ser un profesional.

Mi más sincero agradecimiento a mi director de tesis Ing. Jaime Michilena, por guiarme en el desarrollo de esta investigación con la enseñanza de sus valiosos conocimientos y su profesionalismo como docente.

Agradezco a mis Padres por su apoyo indispensable, gracias a ustedes puede estudiar la carrera de Ingeniería en Electrónica y Redes de Comunicación. Mamá, tú eres la persona que siempre creyó en mí, siempre me has levantado con tus ánimos en momentos difíciles de mi vida, gracias por ayudarme a cumplir mi sueño, te quiero mucho. Agradezco a mi novia Mónica y a mi hijo Jhosuá por su apoyo incondicional, por brindarme palabras de ánimos y motivarme a seguir estudiando. A mis hermanos, familiares y amigos quienes han sido un apoyo en los momentos difíciles y me han ayudado a conseguir culminar mi carrera.

Agradezco de todo corazón a Luis A. Cacuango y María M. Catucuago quienes conforman la empresa LYMNET por brindarme la oportunidad y darme la confianza de trabajar en este proyecto.

Sergio Fernández

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1.	CAPITULO I: ANTECEDENTES	25
1.1.	Tema	25
1.2.	Problema	25
1.3.	Objetivos.....	27
1.3.1.	General	27
1.3.2.	Específicos	27
1.4.	Alcance	27
1.5.	Justificación	29
2.	CAPITULO II: MARCO TEÓRICO	31
2.1.	La fibra óptica.....	31
2.1.1.	Partes de la fibra óptica.....	33
2.1.1.1.	El núcleo.....	33
2.1.1.2.	El revestimiento.....	34
2.1.1.3.	El recubrimiento.....	34
2.1.2.	Propiedades de la luz en comunicaciones ópticas.....	35
2.1.3.	Tipos de fibra óptica	37
2.1.3.1.	Fibra Monomodo.....	38
2.1.3.2.	Fibra Multimodo	38
2.2.	Redes de fibra óptica.....	40
2.2.1.	Redes de transporte	40
2.2.2.	Redes de acceso	40

2.2.2.1.	FTTx (Fiber-To-The x)	41
2.2.2.1.1.	FTTH (Fiber To The Home)	42
2.3.	Red Óptica Pasiva (PON)	45
2.3.1.	Elementos de una red óptica pasiva	46
2.3.1.1.	Terminal de línea óptica OLT	47
2.3.1.2.	Red de distribución óptica ODN	50
2.3.1.3.	Unidad de red óptica	52
2.3.2.	Tecnología XG-PON	52
2.3.2.1.	Conceptos principales de xGPON Recomendación ITU-T G 987 54	
2.3.2.2.	Características Generales ITU-T G 987.1	56
2.3.2.3.	Especificaciones Capa PMD ITU-T G.987.2.....	57
2.3.2.4.	Detalle de la capa de convergencia XG-PON ITU-T G.987.3..	58
2.3.2.5.	Beneficios de la tecnología XG-PON	59
2.3.2.6.	Ventajas y Desventajas.....	61
2.4.	Metodología	62
3.	CAPITULO III: DISEÑO DE LA RED CON TECNOLOGÍA XGPON	65
3.1.	Fase I: Análisis de requerimientos	65
3.1.1.	Situación actual de la empresa LYMNET	65
3.1.1.1.	Ubicación geográfica.....	65
3.1.1.2.	Descripción de la red.....	68
3.1.1.2.1.	Nodo Principal LYMNET.....	69
3.1.1.2.2.	Nodo Secundario San José	71

3.1.1.2.3.	Nodo Secundario Bellavista.....	73
3.1.1.2.4.	Nodo Secundario Loma Gorda.....	75
3.1.2.	Situación Actual de clientes.....	77
3.1.3.	Requerimientos del diseño.....	79
3.2.	Fase I: Diseño lógico de la red.....	82
3.2.1.	Determinación de topología de red.....	82
3.2.2.	Demanda de clientes	84
3.2.3.	Determinación de divisor óptico.....	85
3.2.4.	Determinación de ancho de banda	86
3.2.5.	Determinación de cable y tendido de fibra óptica.....	88
3.2.5.1.	Recomendación ITU-T G.652.....	90
3.2.5.2.	Cálculo del cable para la red FEEDER	92
3.2.6.	Descripción y ubicación de componentes de la red FTTH.....	93
3.3.	Fase III: Diseño físico de la red	98
3.3.1.	Software de diseño de red FTTH.....	98
3.3.2.	Simbología general de los elementos.....	101
3.3.3.	Ubicación de la OLT.....	103
3.3.4.	Red feeder	104
3.3.4.1.	Primera fase.....	105
3.3.4.2.	Segunda Fase.....	108
3.3.4.3.	Tercera Fase	113
3.3.4.4.	Cuarta fase.....	117
3.3.4.5.	Resumen general de despliegue de la red feeder.....	120

3.3.5.	Red de distribución	122
3.3.5.1.	Primera fase.....	123
3.3.5.2.	Segunda fase.....	131
3.3.5.3.	Tercer Fase	147
3.3.5.4.	Cuarta Fase.....	163
3.3.6.	Red de dispersión.....	171
3.4.	FASE IV: Selección de materiales, equipos y cálculos de presupuesto de potencia	171
3.4.1.	Equipos y Materiales.....	172
3.4.1.1.	OLT	172
3.4.1.2.	Distribuidor de fibra óptica-ODF.....	177
3.4.1.3.	NAP primer nivel	179
3.4.1.4.	NAP segundo nivel.....	181
3.4.1.5.	Cable red Feeder.....	182
3.4.1.6.	Cable red Distribución	184
3.4.1.7.	Cable red dispersión	185
3.4.1.8.	Splitters ópticos	187
3.4.1.9.	Mangas	188
3.4.1.10.	Rosetas ópticas	190
3.4.1.11.	ONUs.....	191
3.4.2.	Presupuesto de potencia.....	195
3.4.2.1.	Parámetros de transmisión de OLT y ONU	196
3.4.2.2.	Cálculo de presupuesto potencia.....	198

3.4.2.3.	Cálculo de pérdida de potencia óptica.....	199
3.4.2.3.1.	Atenuación de la fibra óptica	200
3.4.2.3.2.	Atenuación por empalme	202
3.4.2.3.3.	Atenuación por conector	203
3.4.2.3.4.	Atenuación por división óptica	205
3.4.2.4.	Margen de guarda.....	206
3.4.2.5.	Determinación del mejor y peor caso de enlace.....	207
3.4.2.5.1.	Mejor caso de enlace – Cliente cercano	207
3.4.2.5.2.	Peor caso de enlace – Cliente lejano	209
4.	CAPITULO IV: ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD.....	211
4.1.	Fase V: Análisis de la facilidad del proyecto.....	211
4.1.1.	Costo de Inversión	211
4.1.1.1.	Equipos activos	211
4.1.1.2.	Elementos pasivos y demás materiales	212
4.1.1.3.	Mano de obra e instalación.....	214
4.1.1.4.	Movilización.....	214
4.1.1.5.	Costo total de inversión del proyecto.....	215
4.1.2.	Ingresos generales de la red actual.....	216
4.1.3.	Flujo de caja.....	216
4.1.4.	Indicadores de rentabilidad.....	219
4.1.4.1.	Valor Actual Neto (VAN).....	219
4.1.4.2.	Tasa Interna de retorno (TIR).....	220
4.1.4.3.	Interpretación general del VAN y TIR.....	221

5.	Conclusiones	223
6.	Recomendaciones	225
7.	Referencias.....	227
8.	ANEXOS	236
8.1.	ANEXO A. Constancia de contrato con el proveedor NEDETEL	236
8.2.	ANEXO B. Coordenadas de postes	237
8.3.	ANEXO C. Cotización UNICOM	247
8.4.	ANEXO D. Cotización DRIMPOR	249

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Estructura de una Fibra Óptica convencional.....	33
Figura 2 Representación desde el punto de vista de la Teoría de Rayos de la propagación característica de la luz al interior del núcleo de una fibra óptica.....	34
Figura 3 Reflexión de la luz.....	35
Figura 4 Refracción de la luz.....	36
Figura 5 Fibra monomodo.....	38
Figura 6 Fibra Multimodo.....	39
Figura 7 Tipos de tecnología de la familia FTTx.....	41
Figura 8 Arquitectura de la red FTTH.....	44
Figura 9 Elementos de una red óptica pasiva.....	47
Figura 10 Diagrama de la OLT.....	49
Figura 11 Escenarios de aplicación de red XG-PON.....	54
Figura 12 Conceptualización de la distancia de fibra.....	55
Figura 13 Fases de la metodología TOP-DOWN.....	62
Figura 14 Cantón Pedro Moncayo y sus Parroquias.....	66
Figura 15 Cantón Pedro Moncayo y sus Comunidades.....	67
Figura 16 Identificación de nodo principal y secundarios.....	68
Figura 17 Topología física de la red actual de LYMNET.....	69
Figura 18 Diagrama de arquitectura del nodo principal LYMNET.....	70
Figura 19 Fotografía del nodo principal.....	71
Figura 20 Diagrama de arquitectura del nodo secundario San José.....	72
Figura 21 Fotografía del nodo secundario San José.....	73

Figura 22	Diagrama de arquitectura del nodo secundario Bellavista.	74
Figura 23	Fotografía del nodo secundario Bellavista.	75
Figura 24	Diagrama del nodo secundario Loma Gorda.	76
Figura 25	Fotografía del nodo secundario Loma Gorda.	77
Figura 26	Velocidad límite de carga y descarga de los clientes.	78
Figura 27	Área de cobertura desde la primera fase a la tercera fase de la red XG-PON.	80
Figura 28	Área de cobertura de la cuarta fase de la red XG-PON.	81
Figura 29	Diseño topológico de la red.	83
Figura 30	Soporte de división adicional en el nivel de red de acceso inferior.	86
Figura 31	Código identificativo de postes.	89
Figura 32	Características del software RedFTTH.	100
Figura 33	Paquetes mensuales que ofrece el software RedFTTH.	101
Figura 34	Diagrama de la arquitectura FTTH.	103
Figura 35	Descripción y ubicación geográfica de la OLT.	103
Figura 36	Red feeder en la arquitectura FTTH.	104
Figura 37	Diseño de la red feeder primera fase.	106
Figura 38	Descripción y coordenadas de la NAP de primer nivel que cubre la fase 1.	107
Figura 39	Descripción y coordenadas de reservas de la red feeder correspondiente a la primera fase.	108
Figura 40	Diseño de la red feeder hasta la segunda fase.	110
Figura 41	Descripción de la NAP de primer nivel que cubre la segunda fase.	111
Figura 42	Descripción y coordenadas de reservas de la red feeder correspondiente a la segunda fase.	112

Figura 43 Descripción y coordenadas de manga.	113
Figura 44 Diseño de la red feeder hasta la fase 3.	115
Figura 45 Descripción de la NAP de primer nivel que cubre la tercera fase.....	116
Figura 46 Descripción y coordenadas de reserva de la red feeder correspondiente a la tercera fase.	117
Figura 47 Diseño de la red feeder cuarta fase.....	118
Figura 48 Descripción de la NAP de primer nivel implementada para la cuarta fase.	119
Figura 49 Descripción y coordenadas de reservas de la red feeder correspondiente a la cuarta fase.	120
Figura 50 Detalles general de la red feeder.	121
Figura 51 Diseño completo de la red feeder.	122
Figura 52 Red de distribución en la arquitectura FTTH.	123
Figura 53 Diseño de la red de distribución primera fase.	126
Figura 54 Descripción y coordenadas de las NAPs de segundo nivel LYM1.1 y LYM1.2....	127
Figura 55 Descripción y coordenadas de las NAPs de segundo nivel LYM1.3 y LYM1.4.	128
Figura 56 Descripción y coordenadas de reservas de las NAPs LYM1.1 y LYM1.2.	129
Figura 57 Descripción y coordenadas de reserva de las NAPs LYM1.3 y LYM1.4.....	130
Figura 58 Detalles generales de la red de distribución perteneciente a la primera fase.	131
Figura 59 Diagrama de splitter 1:4 del segundo y tercer hilo de fibra óptica en la NAP LYM2.	132
Figura 60 Diseño de red de distribución segunda fase (Mapa base)	136
Figura 61 Diseño de red de distribución segunda fase (Mapa geográfico).	137

Figura 62 Descripción y coordenadas de las NAPs de segundo nivel LYM2.1, LYM2.2 y LYM2.3.....	139
Figura 63 Descripción y coordenadas de las NAPs de segundo nivel LYM2.4, LYM2.5 y LYM2.6.....	141
Figura 64 Descripción y coordenadas de las NAPs de segundo nivel LYM2.7 y LYM2.8.	142
Figura 65 Descripción y coordenadas de reservas de las NAPs LYM2.1, LYM2.2, LYM2.3 y LYM2.4.....	143
Figura 66 Descripción y coordenadas de reservas de las NAPs LYM2.5, LYM2.6 y LYM 2.7.	144
Figura 67 Descripción y coordenadas de las reservas correspondiente a la ruta hacia la NAP LYM2.8.....	145
Figura 68 Detalles generales de la red de distribución perteneciente a la segunda fase.....	146
Figura 69 Diagrama de splitter 1:4 del cuarto y quinto hilo de fibra óptica en la NAP LYM3.	147
Figura 70 Diseño de red de distribución tercera fase (Mapa base).....	151
Figura 71 Diseño de la red de distribución tercera fase (Mapa geográfico).....	152
Figura 72 Descripción y coordenadas de las NAPs de segundo nivel LYM3.1, LYM3.2, LYM3.3 y LYM3.4.....	154
Figura 73 Descripción y coordenadas de las NAPs de segundo nivel LYM.....	156
Figura 74 Descripción y coordenadas de las reservas correspondiente a la ruta hacia las NAPs LYM3.1, LYM3.2, LYM3.3 y LYM3.4.	157
Figura 75 Descripción y coordenadas de la reserva correspondiente a la ruta hacia la NAP LYM3.5.....	158

Figura 76 Descripción y coordenadas de las reservas correspondiente a la ruta hacia la NAP LYM3.7.....	159
Figura 77 Descripción y coordenadas de las reservas correspondiente a la ruta hacia la NAP LYM3.7.....	160
Figura 78 Descripción y coordenadas de las reservas correspondiente a la ruta hacia la NAP LYM3.8.....	161
Figura 79 Detalles generales de la red de distribución perteneciente a la tercera fase.....	162
Figura 80 Diseño de red de distribución cuarta fase.....	165
Figura 81 Descripción y coordenadas de las NAPs de segundo nivel LYM4.1.....	166
Figura 82 Descripción y coordenadas de las NAPs de segundo nivel LYM4.2, LYM4.3 y LYM4.4.....	168
Figura 83 Descripción y coordenadas de reservas de las NAPs LYM4.1, LYM4.2, LYM4.3 y LYM4.4.....	169
Figura 84 Detalles generales de la red de distribución perteneciente a la cuarta fase.....	170
Figura 85 Red de dispersión en la arquitectura FTTH.....	171
Figura 86 OLT Huawei modelo MA5800-X2.....	173
Figura 87 Tarjeta óptica de marca Huawei H901XGHD.....	175
Figura 88 ODF DFOP1-A para fibra óptica.....	178
Figura 89 Caja terminal para exteriores, protección IP68.....	180
Figura 90 Caja terminal para exteriores protección IP65.....	181
Figura 91 Cable de fibra óptica FTTH DROP 2 hilos.....	185
Figura 92 Splitter óptico 1:4.....	187
Figura 93 Manga tipo DOMO modelo GJS03-M8AX-JX-144D.....	189

Figura 94 Rosetas ópticas sin bandeja.	190
Figura 95 ONU marca Huawei modelo HN8546Q.	192
Figura 96 Diagrama con los elementos que conforman la red FTTH.	195
Figura 97 Longitud desde la OLT hacia las ONUs del cliente cercano y lejano.....	201

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Características de la fibra óptica multimodo de índice escalonado y gradual.	39
Tabla 2	Características de la tecnología FTTx.....	42
Tabla 3	Evolución y análisis comparativo de las redes pasivas ópticas (PON).....	45
Tabla 4	Parámetros y requerimientos de la capa física para la red XG-PON.....	56
Tabla 5	Especificaciones para la capa PMD.....	57
Tabla 6	Comparación de los beneficios de las redes XG-PON y G-PON.....	60
Tabla 7	Ubicación del nodo principal LYMNET.....	67
Tabla 8	Requerimientos generales para el diseño de red.....	81
Tabla 9	Cantidad y porcentaje de clientes.....	84
Tabla 10	Características fundamentales de la tecnología XG-PON1	87
Tabla 11	Comparación de cables ópticos para tendido aéreo.....	89
Tabla 12	Característica de la fibra óptica monomodo G.652.D.....	91
Tabla 13	Detalles de ubicación de cajas NAP de primer y segundo nivel.....	93
Tabla 14	Beneficios que ofrece el software RedFTTH.....	98
Tabla 15	Simbología general para el diseño físico de la red FTTH.....	102
Tabla 16	Especificaciones técnicas de la OLT MA5800-X2.....	173
Tabla 17	Especificaciones técnicas de la tarjeta óptico H901XGHD.....	175
Tabla 18	Especificaciones y características del ODF DFOP.....	179
Tabla 19	Especificaciones de la NAP de modelo CFO-4716.....	181
Tabla 20	Especificaciones técnicas generales de la fibra ADSS 6 hilos.....	183
Tabla 21	Especificaciones técnicas generales de la fibra MINI ADSS 6 hilos.....	184
Tabla 22	Especificaciones cable drop 2 hilos.....	186

Tabla 23 Especificaciones técnicas del splitter óptico.....	187
Tabla 24 Especificaciones técnicas de la manga tipo DOMO.....	189
Tabla 25 Detalles técnicos de la roseta óptica.	191
Tabla 26 ONU marca Huawei para tecnología XG-PON.....	191
Tabla 27 Especificaciones técnicas de la ONU modelo HN8546Q.....	193
Tabla 28 Parámetros ópticos de la OLT y ONU según la tecnología XG-PON.....	196
Tabla 29 Parámetros de interfaces ópticos para OLT y ONU.	197
Tabla 30 Rango de atenuación para la tecnología XG-PON.	198
Tabla 31 Atenuación por empalme de fibra óptica.....	203
Tabla 32 Grado de atenuación por conector de fibra óptica.	204
Tabla 33 Atenuación por divisor óptico.....	205
Tabla 34 Detalles de precios de equipos activos.....	212
Tabla 35 Costo de elementos y materiales.....	212
Tabla 36 Costo total de la mano de obra.....	214
Tabla 37 Costo total de movilización.	215
Tabla 38 Costo total de inversión.	215
Tabla 39 Ingresos de la red actual de LYMNET.	216
Tabla 40 Ingresos estimados para 10 años.....	217
Tabla 41 Egresos estimados para 10 años.....	217
Tabla 42 Flujo neto de efectivo.....	218

RESUMEN

El presente trabajo de titulación propone realizar el análisis de factibilidad y propuesta de implementación de una red FTTH basado en el estándar XG-PON, en beneficio de las comunidades altas de la parroquia Tabacundo del Cantón Pedro Moncayo, dicha red permitirá brindar servicios de comunicación como es el internet usando el medio de transmisión fibra óptica, puesto que el desarrollo de las tecnologías de acceso ópticas han permitido el despliegue de redes de alta velocidad para garantizar los requerimientos de los servicios de telecomunicaciones, así brindando una solución al problemas de capacidad y disponibilidad de ancho de banda que presenta la arquitectura actual de comunicaciones inalámbricas. Para el diseño propuesto se realiza una investigación de los fundamentos teóricos del medio de transmisión fibra óptica, basadas en las recomendaciones proporcionado por la ITU-T para tecnología XG-PON tomando en cuenta características esenciales para la aplicación en las redes de acceso.

Sucesivamente, para cumplir con el proyecto se plantea la metodología Top-Down la cual es utilizada para el diseño de redes, este tipo de método se centra en lo general, y se dirige a lo particular manejando un conjunto de cinco fases sistemáticas permitiendo dividir los problemas en cada fase. La primera fase es el análisis de requerimientos, donde se da a conocer la situación actual de la empresa, la descripción de la arquitectura de red, y los requerimientos generales para el diseño. La segunda fase se basa en el diseño lógico de la red donde se determina las consideraciones del diseño de la red FTTH, la cual debe cumplir con la demanda de 275 clientes para los próximos 10 años. La tercera fase describe el diseño físico de la red, dando a conocer los puntos estratégicos donde van ubicadas la OLT como también las NAPs principales y secundarias, esto se realiza con la ayuda del software RedFTTH. La cuarta fase se basa en la

selección y descripción de materiales, equipos que se van a utilizar de acuerdo con el diseño propuesto, seguido a esto se realiza los cálculos respectivos de presupuestos de potencia tomando en cuenta dos escenarios fundamentales, tanto para el cliente más lejano y cercano que se encuentran entre los -25.6 dB y -23.5 dB respectivamente las cuales son potencias óptimas que están dentro del rango de aceptación para la tecnología XG-PON y la quinta fase de la metodología describe el análisis de factibilidad del proyecto.

Finalmente, en el presente trabajo de investigación se analiza con dos herramientas financieras que contribuyen en la evaluación de la rentabilidad que presenta el proyecto de inversión como es el VAN (Valor Actual Neto) y la TIR (Tasa Interna de Retorno) desde un punto de vista económico y financiero y así tomar decisiones adecuadas al momento de invertir. Los resultados de la evaluación financiera determinan la viabilidad económica del proyecto con un VAN mayor a cero igual a \$ 34652.51 una TIR de 82.343% siendo superior a la tasa de interés que es el 22.05%. Por consiguiente, el análisis financiero respectivo determina que el proyecto es rentable y viable para su ejecución.

ABSTRACT

This degree work proposes to perform the feasibility analysis and implementation proposal of an FTTH network based on the XG-PON standard, for the benefit of the high communities of the Tabacundo parish of the Pedro Moncayo Canton, this network will provide communication services such as internet using fiber optic transmission medium, since the development of optical access technologies have allowed the deployment of high-speed networks to ensure the requirements of telecommunications services, thus providing a solution to the problems of capacity and bandwidth availability that presents the current architecture of wireless communications. For the proposed design, an investigation of the theoretical foundations of the optical fiber transmission medium is carried out, based on the recommendations provided by ITU-T for XG-PON technology, taking into account essential characteristics for the application in access networks.

Subsequently, to fulfill the project, the Top-Down methodology is proposed, which is used for the design of networks, this type of method focuses on the general, and addresses the particular by managing a set of five systematic phases allowing to divide the problems in each phase. The first phase is the requirements analysis, where the current situation of the company, the description of the network architecture, and the general requirements for the design are made known. The second phase is based on the logical design of the network where the design considerations of the FTTH network are determined, which must meet the demand of 275 customers for the next 10 years. The third phase describes the physical design of the network, identifying the strategic points where the OLT will be located as well as the main and secondary NAPs, this is done with the help of the RedFTTH software. The fourth phase is based on the selection and description of materials and equipment to be used according to the proposed

design, followed by the respective calculations of power budgets taking into account two fundamental scenarios, both for the farthest and nearest customer, which are between -25.6 dB and -23.5 dB respectively, which are optimal powers that are within the range of acceptance for the XG-PON technology, and the fifth phase of the methodology describes the feasibility analysis of the project.

Finally, this research work is analyzed with two financial tools that contribute to the evaluation of the profitability of the investment project such as NPV (Net Present Value) and IRR (Internal Rate of Return) from an economic and financial point of view in order to make appropriate decisions at the time of investment. The results of the financial evaluation determine the economic viability of the project with an NPV greater than zero equal to \$ 34652.51 and an IRR of 82.343%, which is higher than the interest rate of 22.05%. Therefore, the respective financial analysis determines that the project is profitable and viable for its execution.

1. CAPITULO I: ANTECEDENTES

En este capítulo se trata de las generalidades principales del proyecto, presentando el planteamiento del problema, objetivo general y los objetivos específicos que se van a desarrollar, el alcance, así como la justificación del trabajo de titulación.

1.1. Tema

ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD Y PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED FTTH BASADO EN EL ESTÁNDAR XGPON EN BENEFICIO DE LAS COMUNIDADES ALTAS DE LA PARROQUIA TABACUNDO.

1.2. Problema

En la actualidad, la necesidad de conectividad a nivel mundial ha convertido al internet en un servicio básico indispensable como medio de comunicación, y búsqueda de información para el desarrollo académico. El Ecuador cuenta con alrededor de 17.37 millones de habitantes de lo cual el 64,3% de su población es urbana y el 35,7% es rural; solo el 16% cuenta con acceso a internet en zonas rurales (Alvino, 2021). LYMNET es una pequeña empresa formada hace 3 años en la comunidad San José, brinda servicio de internet por medio de radioenlaces a las comunidades altas de la parroquia Tabacundo, estas comunidades está conformado por San Juan, Bellavista, San José que consta de 3 sectores. En sus comienzos la infraestructura de red estaba implementado solo para una comunidad (San José), a medida que fue creciendo la demanda de usuarios se pudo ir implementando los nodos secundarios para proveer de servicio de internet a las comunidades vecinas.

LYMNET en infraestructura cuenta con un nodo principal ubicada en la parroquia Tabacundo (Latitud: 0.04814558638643995 Longitud -78.221249867897) y 3 nodos secundarios las cuales están ubicados en las comunidades de San José, San Juan y Bellavista, el número de hogares que tienen acceso al servicio de internet es de 207 hogares. La infraestructura de red actual presenta inconvenientes de capacidad debido al incremento de los usuarios y otras consideraciones que existe en el enlace de radio, teniendo problemas en la propagación de ondas en eventos inesperados como es causas de lluvias y esto hace que la frecuencia del equipo varíe. Otro de los obstáculos en diversas zonas de las comunidades no existe una buena línea de vista por tal motivo los equipos inalámbricos de conectividad para un servicio de internet no es el idóneo; para lo cual existe la necesidad de migrar a otra tecnología de comunicación y mejorar el servicio de internet.

Por dicha razón se ve oportuno realizar un estudio y diseño de una red FTTH donde se plantea ejecutar el cambio de tecnológico en fases, con la finalidad de ofrecer mejor conectividad mediante la tecnología xGPON, la cual ofrece mejor calidad de servicio debido a que no es afectada por interferencias electromagnéticas, esto genera una capacidad extremadamente alta comparada con otras tecnologías soporta grandes tasas de transferencia de información y un largo alcance para cumplir con la migración de cada uno de los usuarios, brindando soluciones que contribuya al crecimiento de la empresa y de las comunidades (ARCOTEL, 2020). Posterior al diseño se realizará un análisis de factibilidad económica del proyecto para evaluar el costo de implementación del diseño y la estimación del flujo de caja que tendrá la empresa (Díaz, García, Hernández, & Ruiz, 2009).

1.3. Objetivos

1.3.1. General

Diseñar una red de acceso FTTH considerando las normas y estándares técnicos basados en la tecnología xGPON para la empresa LYMNET que brinda servicio de internet a las comunidades altas de la parroquia Tabacundo del Cantón Pedro Moncayo.

1.3.2. Específicos

- Analizar la tecnología xGPON, sus ventajas y desventajas para la aplicación en una red de acceso.
- Realizar el análisis de la situación actual del servicio de internet inalámbrica, para la propuesta de migración en fases hacia la tecnología xGPON.
- Elaborar el diseño de una red FTTH determinando puntos estratégicos para la ubicación de cajas de distribución con la finalidad de cubrir las comunidades altas de la parroquia Tabacundo.
- Realizar un análisis financiero para estimar costo de implementación y determinar la viabilidad del proyecto.

1.4. Alcance

El presente proyecto de titulación consiste en el diseño de una red de acceso FTTH utilizando la tecnología xGPON en beneficio de las comunidades altas de la parroquia de Tabacundo, para su futura implementación y así cumplir con la migración en fase de cada uno de los usuarios que tienen el servicio de internet mediante radioenlaces de la empresa LYMNET, se realiza un análisis del servicio actual de internet con tecnología de acceso inalámbrica para conocer datos iniciales en el desarrollo de una nueva red con fibra óptica.

Para realizar el diseño de una red de acceso pasiva es necesario analizar los fundamentos teóricos, conceptos, estándares y características de la tecnología xGPON, basados en las recomendaciones de la ITU-T 987, que va desde G.987 a G.987.3 haciendo énfasis en los requerimientos generales, los servicios que soporta, como se centra en la capa PMD y la capa de convergencia de xGPON (Recommendation ITU-T G.987.1, 2020).

Consecutivamente se ejecutará encuestas a varios usuarios que disponen del servicio de internet de la empresa LYMNET y así analizar el estado actual respecto a la calidad, cobertura y ubicación para cumplir con la migración en fase a cada uno de ellos hacia la red de fibra óptica.

Se realizará el diseño de una red FTTH con el uso de la tecnología xGPON, determinado puntos estratégicos para la ubicación de las NAPs principales y secundarios respectivamente, de tal manera ampliando el área de cobertura en las comunidades altas de la parroquia de Tabacundo, satisfaciendo a las necesidades del servicio de internet con tecnología moderna, al mismo tiempo la red será diseñada optimizando recursos y cumpliendo con estándares técnicos para su implementación.

Posterior al diseño y a la elaboración del presupuesto de equipos y materiales, se realizará el análisis de la factibilidad mediante los métodos de evaluación de proyectos como el VAN y el TIR de tal manera que se considera la cronología de los flujos de caja para comprometer los recursos financieros en el momento de la implementación con la finalidad de esperar beneficios en el futuro (Díaz, García, Hernández, & Ruiz, 2009).

1.5. Justificación

Según (El Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de las Naciones Unidas, 2021) el Ecuador en este último año tiene una tasa de incremento poblacional de 1.56%, así que existe una creciente demanda de usuarios que tienen la necesidad de tener acceso a los servicios de telecomunicaciones, obligando a las empresas a innovar y efectuar servicios de calidad, de tal manera se proponer el uso de la tecnología xGPON para diseñar una red de acceso FTTH llegando a cubrir la parte rural ya que solo el 16% de los 35,7% cuentan con acceso a internet (Alvino, 2021).

En el año 2019 se aprueba la política de Ecuador Digital en tres ejes de acción en uno de ellos haciendo énfasis en la conectividad, donde se requiere ampliar la cobertura de los servicios de telecomunicaciones y la migración hacia redes de nueva generación y de alta velocidad, facilitando el despliegue de redes de telecomunicaciones para llegar a zonas aún desatendidas como son los sectores rurales y promueve el ingreso a nuevos operadores para la provisión de servicio de internet (MINTEL, 2021). La ARCOTEL como entidad encargada de la administración, regulación y control de las telecomunicaciones otorga los títulos habilitantes de autorización el despliegue de las redes de comunicación la cual implica también garantizar los derechos de los usuarios y con ello que reciban un servicio de calidad, en forma continua, y de acuerdo con lo dispuesto en el artículo 94 numeral 4 de la Ley Orgánica de Telecomunicaciones (ARCOTEL, 2021).

LYMNET es una empresa creada con el fin de cubrir las necesidades de los sectores aislados, proveyendo el servicio de internet con la mayor cobertura y al mejor costo, tiene una visión para el 2023 abarcar todas las comunidades altas del Cantón Pedro Moncayo con fibra óptica hasta el hogar haciendo uso de la tecnología xGPON, siendo la primera opción de los

clientes actuales y futuros garantizado un servicio de internet confiable, brindando el ancho de banda que el usuario deseará contratar (Lymnet, 2020).

Al ejecutar ese proyecto se beneficiarán los usuarios que van a ser migrados a esta nueva red FTTH debido a que podrán obtener servicio de internet a mayor velocidad, pues que al tener una red de fibra óptica conlleva soportar altas velocidades de transmisión; también se beneficiará la empresa LYMNET; ya que, expandirá su área de cobertura con tecnología xGPON puesto que podrá abarcar nuevos usuarios consolidando el crecimiento de la empresa y generando nuevas fuentes de trabajo.

2. CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

En este capítulo se detalla el fundamento teórico relacionado con el aspecto tecnológico partiendo de los conceptos básicos de la fibra óptica sus tipos y características, el análisis de la tecnología xGPON sus ventajas y desventajas de uso, la importancia del diseño de la red de acceso como también el estudio de la arquitectura FTTH, y los elementos que conforman el mismo.

2.1. La fibra óptica

La fibra óptica es un medio para transmitir información utilizado generalmente en redes de datos, es un hilo muy fino de entre 10 y 300 micrones de sílice, vidrio o materiales plásticos, que permite propagar pulsos de luz que representan los datos a transmitir a través de grandes distancias. La transmisión de luz se realiza mediante múltiples reflexiones que se dan en el interior del filamento las cuales deben poseer un ángulo de incidencia adecuado para que pueda rebotar y se pueda propagar a las distancias requeridas y si no rebota se refracta y se pierde la luz (Grazzini, 2020).

Actualmente la fibra óptica se ha posicionado como uno de los mejores medios para transmitir grandes cantidades de datos debido a que la señal no se atenúa tanto como en el cobre, y no se pierde información por refracción o dispersión de luz consiguiendo así transportar datos de manera eficiente. Por lo tanto, los sistemas de fibra óptica presentan importantes ventajas frente a otras tecnologías utilizadas en la transmisión y tratado de señales analógicas y digitales (Grazzini, 2020). Entre estos se encuentran:

- *Gran ancho de banda (GHz y THz):* es un medio físico con mayor capacidad de transmitir grandes volúmenes de información a altas velocidades.

- *Bajas pérdidas:* las atenuaciones y dispersión son mínimas logrando alcanzar grandes distancias.
- *Inmunidad a las interferencias electromagnéticas:* disminuye errores en la transmisión de señales digitales al evitar interferencias.
- *Menor peso y volumen:* la fibra óptica tiene tamaño reducido y bajo peso.
- *Seguridad de la información:* frente a posibles intervenciones de la línea presenta mayor dificultad de acceso a la información transmitida en comparación con otros medios y si llegará a ocurrir es fácil de detectar.

Las aplicaciones de la fibra óptica son muy amplias a nivel mundial y continúan incrementando sin embargo existen dos campos en los cuales ha adquirido mayor importancia, en las telecomunicaciones y sensores.

- *Telecomunicaciones*

La fibra óptica goza de una gran aceptación para las telecomunicaciones por su amplio ancho de banda que permite comunicar continentes y regiones apartadas mediante cables distribuidos por océanos, aire y tierra para conectar a todo el mundo en la comunidad global actual. Por consiguiente, se ha incrementado el desarrollo nuevos dispositivos relacionados con este tipo de tecnología como circuladores ópticos, compensadores, amplificadores, multiplexores, demultiplexores, WDM, fuentes de luz, entre otros. Hoy en día, su costo accesible ha permitido que las empresas de servicio de telecomunicaciones opten por cambiar sus redes antiguas a redes modernas de fibra óptica (Agusto Duarte & Guerrero Culqui, 2020).

- *Sensores*

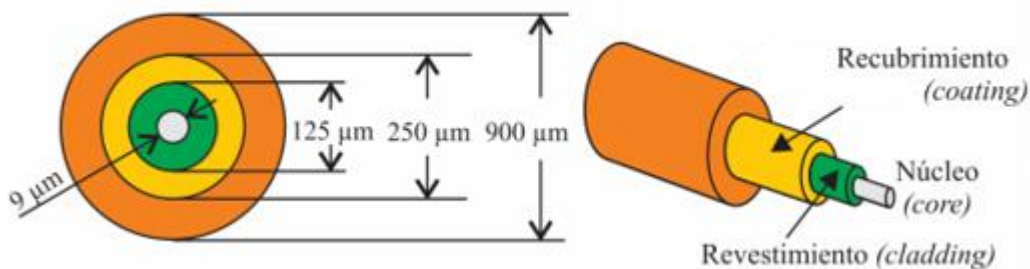
En este campo la fibra óptica ha impulsado el desarrollado de dispositivos que permiten que un agente físico o químico interactúe con el haz de luz guiado dentro de la fibra óptica para determinar parámetros como presión, temperatura, deformaciones mecánicas, entre otros. Dichos dispositivos se emplean en los sectores eléctrico, civil, petróleo, gas, automotriz, medicina, químico, medio ambiente, entre otros (Hartog, 2017).

2.1.1. Partes de la fibra óptica

La fibra óptica es un filamento delgado aproximadamente del grosor de un cabello que básicamente está compuesto por una región cilíndrica flexible, a través de la cual se efectúa la propagación, denominada núcleo; también de una zona externa al núcleo y coaxial con él, necesaria para que se desarrolle el mecanismo de propagación, que se conoce como revestimiento y adicional un recubrimiento externo como se muestra a continuación en la Figura 1. (Alustiza, López, Mineo, & Russo, 2022).

Figura 1

Estructura de una Fibra Óptica convencional



Fuente: (Millán, 2018).

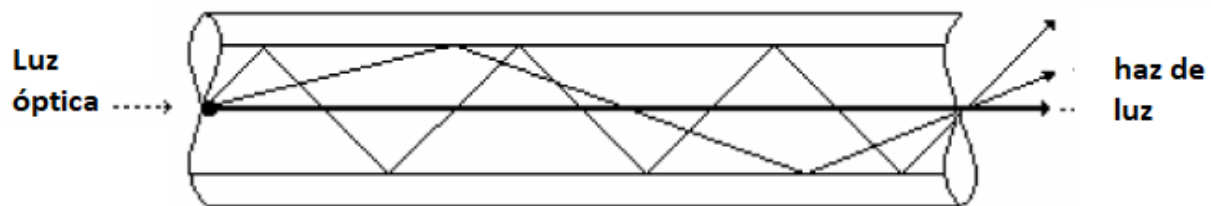
2.1.1.1. El núcleo

Este elemento se encuentra en la parte interna de la fibra, y es donde se transmite las señales ópticas. El haz de luz queda completamente confinado y se propaga por el núcleo de la

fibra siempre que no exceda el ángulo crítico de reflexión (Grazzini, 2020). Visto desde la teoría de rayos, las diferentes trayectorias que puede seguir un haz de luz en el interior del núcleo de la fibra se denominan modos de propagación, mostrada en la Figura 2. El diámetro con el que se fabrican depende del modo de transmisión y puede ser: monomodo ($\phi = 9 \mu\text{m}$) a multimodo ($\phi = 50$ a $62,5 \mu\text{m}$) (Millán, 2018).

Figura 2

Representación desde el punto de vista de la Teoría de Rayos de la propagación característica de la luz al interior del núcleo de una fibra óptica.



Fuente: (Grazzini, 2020)

2.1.1.2. El revestimiento

El revestimiento cumple la función de recubrir el núcleo para evitar que la luz salga de la fibra y la guía a lo largo incluso a través de las curvas, generalmente es fabricado del mismo material del núcleo, pero con aditivos que le otorgan un índice de refracción ligeramente mayor y su diámetro aproximado es de $125 \mu\text{m}$ para todos los tipos de fibra (Millán, 2018).

2.1.1.3. El recubrimiento

La fibra óptica es un medio demasiado frágil para ser manipulado directamente por esto en el proceso de fabricación se aplica una membrana resistente para recubrir. El recubrimiento está constituido por lo general de material acrílico de $250 \mu\text{m}$ y asegura la protección mecánica que recubre la fibra (Millán, 2018).

2.1.2. Propiedades de la luz en comunicaciones ópticas

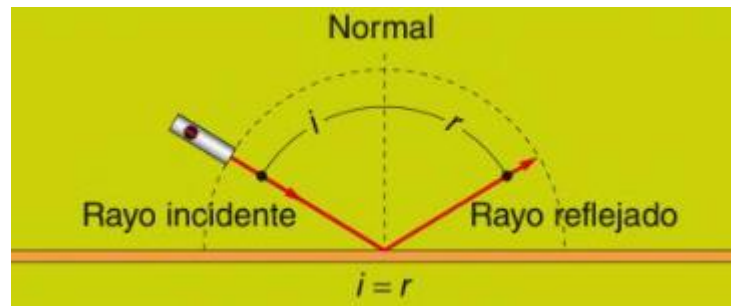
Las propiedades más importantes de la luz en comunicaciones ópticas son:

- **Reflexión**

La reflexión es un cambio en la dirección de un rayo luminoso, cuando entra en contacto con el plano de separación entre dos medios, de tal forma que regresa al medio del que se originó. En la Figura 3 muestra la reflexión de la luz, el rayo incidente es aquel que toca la superficie plana y se refleja en el mismo plano, de igual manera cumple que el ángulo de incidencia es igual al ángulo de reflexión (Cabrerizo, 2020).

Figura 3

Reflexión de la luz.



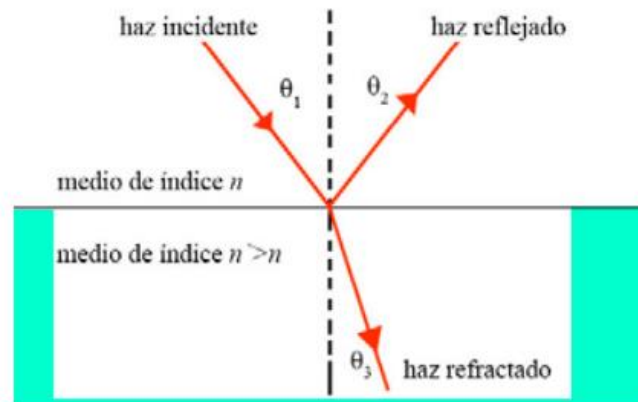
Fuente: (Cabrerizo, 2020)

- **Refracción**

La refracción de la luz es el cambio de la dirección con velocidad de propagación distinta que experimenta los rayos luminosos al pasar de un material a otro. El rayo incidente es el rayo luminoso que llega a la superficie de separación de los dos medios, el rayo refractado es el rayo luminoso que pasa al segundo medio después de refractarse y se aproxima a la recta normal como se indica en la Figura 4 (Chan, 2020).

Figura 4

Refracción de la luz.



Fuente: (Arauz, Torres, Cabrera, Merino, & Benz, 2018)

- **Ley de Snell**

La ley de Snell es una fórmula utilizada para calcular el ángulo de reflexión de la luz al atravesar la superficie de separación entre dos medios de propagación de la luz (o cualquier onda electromagnética) con índice de refracción distinto, esto se muestra en la Ecuación 1 (Grazzini, 2020):

$$n_1 \text{ Sen}\theta_1 = n_2 \text{ Sen}\theta_2 \quad \text{Ecuación [1]}$$

Donde:

n_1 = Índice de refracción del medio 1

n_2 = Índice de refracción del medio 2

θ_1 = Ángulo de incidencia

θ_2 = Ángulo de refracción

Esta ley afirma que, la multiplicación del índice de refracción por el seno del ángulo de incidencia respecto a la normal es constante para cualquier rayo de luz incidiendo sobre la

superficie separatriz de dos medios. Es decir, el componente del índice de refracción paralelo a la superficie es constante. Aunque la ley de Snell fue formulada para explicar los fenómenos de refracción de la luz se puede aplicar a todo tipo de ondas atravesando una superficie de separación entre dos medios en los que la velocidad de propagación de la onda varíe. Esta ley junto con el de reflexión interna total, permiten que la luz viaje a través de la fibra. (Chan, 2020).

Una aplicación interesante de la reflexión total es la propagación de la luz en fibras ópticas: el haz de luz se propaga por el interior de una fibra de vidrio transparente, delgada y larga, debido a que la luz incide sobre las paredes internas de la fibra con un ángulo superior al crítico sin que escape nada por refracción. La fibra óptica es un componente básico en optoelectrónica y en general es un instrumento muy flexible que permite llevar la luz a cualquier sitio, como por ejemplo al interior del cuerpo humano en aplicaciones médicas (Hernández, 2018).

2.1.3. Tipos de fibra óptica

De acuerdo con el Modo de Propagación las fibras ópticas se clasifican tomando en cuenta la forma en que los rayos de luz se dispersan dentro de ellas. Estos son fibras monomodo y fibras multimodo. Para determinar analíticamente estos tipos de fibras y diseñar un modelo óptimo del núcleo para un formato y tipo de revestimiento conocido está la Ecuación 2 que establece estas condiciones (Castro, 2019):

$$\frac{2\pi a}{l} \cdot (2 \cdot n \cdot Dn)^{0,5} \leq 2.41 = \textit{monomodo} \quad \textbf{Ecuación [2]}$$

$$\geq 2.41 = \textit{multimodo}$$

Donde:

a= radio del núcleo

l =longitud de onda

Δn =diferencia entre los índices de refracción del núcleo y el revestimiento

n =índice de refracción del núcleo

2.1.3.1. Fibra Monomodo

Este tipo de fibra tiene un núcleo pequeño donde viaja solamente un haz de luz como indica la Figura 5. Esta es la fibra que ofrece la mayor capacidad de transporte de información, tiene un ancho de banda al orden de los 100 GHz/Km (FOA, 2021). La fibra monomodo se utiliza para redes en planta externa como redes de: telecomunicaciones, televisión por cable, municipales y enlaces de datos de larga distancia como las de gestión de redes de servicios públicos (Chan, 2020).

Figura 5

Fibra monomodo.



Fuente: (Chan, 2020)

2.1.3.2. Fibra Multimodo

En este tipo de fibra como se puede evidenciar en la Figura 6, se propagan más de un modo, es decir hay múltiples rayos de luz de una fuente luminosa que se mueven a través del núcleo los cuales toman diferentes trayectorias (Pérez, 2021). La fibra multimodo son de dos

tipos, que depende del índice de refracción de la fibra, por tanto, se tiene fibra multimodo de índice escalonado y gradual como detalla la Tabla 1.

Figura 6

Fibra Multimodo.



Fuente: (Chan, 2020)

Tabla 1

Características de la fibra óptica multimodo de índice escalonado y gradual.

Tipos de fibra óptica	FO Multimodo índice escalonado	FO Multimodo índice gradual
Ancho de banda	Hasta 40 MHz	Hasta 500 MHz
Características principales	Reducido ancho de banda Gran apertura numérica	Mejor ancho de banda Gran apertura numérica
Núcleo	Grande por el orden de los 62,5 microns	Mediano por el orden de los 50 microns.
Índice de refracción	Constante	No constante
Dispersión modal	Alta	Menor dispersión modal
Tasa de transmisión	Baja	Alta
Distancias	Distancias cortas 2Km	Distancias cortas 2Km

Latencia	Alta latencia por efecto de las distintas señales de luz que transmite.	Baja latencia en el centro del núcleo y alta en los extremos.
-----------------	---	---

Fuente: (Chan, 2020)

2.2.Redes de fibra óptica

Las redes de fibra óptica son aquellas que logran transmitir información a altas velocidades, constituyendo un tipo de red de comunicación que sustituye a los enlaces de radio y las tradicionales redes de cobre que eran usadas para transmitir voz y que luego se mejoró para soportar la transmisión de datos. Entre las redes de fibra ópticas más comunes son las redes de transporte y redes de acceso siendo eficientes por su ancho de banda (San Román & San Román, 2017).

2.2.1. Redes de transporte

De acuerdo con (San Román & San Román, 2017) las redes de transporte son aquellas que interconectan el país, considerando su elevado ancho de banda permiten el transporte de grandes cantidades de información permitiendo cumplir las necesidades de telecomunicación.

2.2.2. Redes de acceso

Estas redes permiten el acceso de última milla, son redes que conectan al usuario final con la compañía que ofrece servicios de telecomunicaciones proporciona acceso a aplicaciones de transferencia de datos.

Básicamente se diferencia dos tipos de redes de acceso:

- **Redes de acceso activas:** En este tipo de redes se tiene un ancho de banda dedicado por usuario y por fibra, esto gracias a la existencia de varios elementos activos entre la central y el usuario, entre estos tenemos redes PTP (Point To Point) y redes Ethernet Activas.

- **Redes de acceso pasivas:** En la arquitectura de redes pasivas todos los elementos de la red son pasivos, el ancho de banda disponible se multiplexa en una misma fibra para todos los usuarios finales. Un ejemplo de arquitectura pasiva es PON (Pasive Optical Network).

La tecnología que se utiliza en la implementación de redes de acceso es FTTx (Fiber-To-The x), que consiste conectar la fibra lo más cerca posible del usuario para aumentar la calidad del servicio

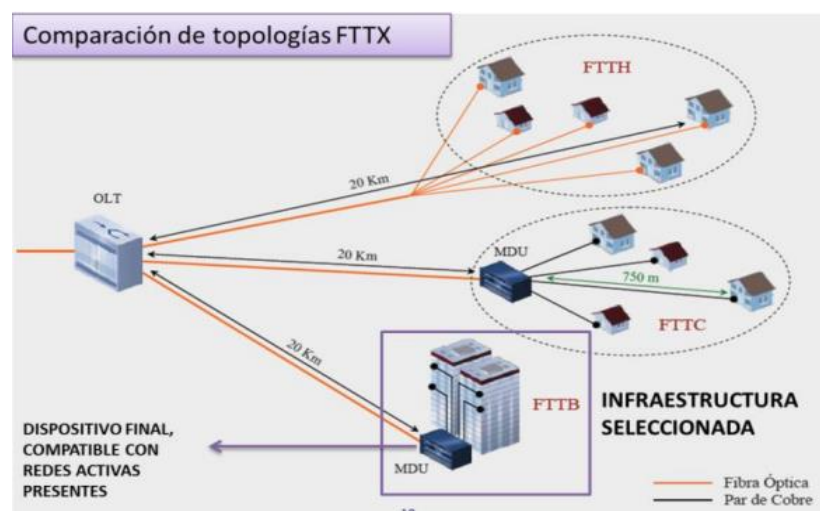
2.2.2.1. FTTx (Fiber-To-The x)

De acuerdo con (Sitnet, 2019) la familia FTTx define un conjunto de tecnologías basadas en la transmisión de señales digitales sobre fibra óptica como medio de transmisión.

Dependiendo de la distancia entre la sección de la fibra y el usuario, se puede distinguir diferentes tipos de redes FTTx como hace referencia la Figura 7, que se resumen en la Tabla 2.

Figura 7

Tipos de tecnología de la familia FTTx.



Fuente: (Marino, 2017)

Tabla 2*Características de la tecnología FTTx.*

Tipo	Denominación	Características
FTTN	Fiber To The Node (Fibra hasta el nodo)	Desde la central hasta una distancia del edificio entre 1.5 – 3 km
FTTC	Fiber To The Curb (Fibra hasta la acera)	Desde la central hasta una distancia del edificio entre 300 – 600 m
FTTB	Fiber To The Building (Fibra hasta el edificio)	Desde la central hasta el cuarto de telecomunicaciones
FTTH	Fiber To The Home (Fibra hasta el hogar)	Desde la central hasta los hogares cubriendo una distancia de 20 km

Fuente: (Marino, 2017)

2.2.2.1.1. FTTH (Fiber To The Home)

Las redes FTTH conforman la familia de los sistemas de transmisión FTTx correspondiente al ámbito de las telecomunicaciones, estas se denominan redes de banda ancha y presentan la capacidad de transportar o trasladar información y grandes cantidades de datos a velocidades binarias elevadas hasta un punto próximo respecto al usuario final, adicionalmente la familia FTTx se caracteriza por el consunto de tecnologías o redes, las cuales se basan en el transporte de la señal digital por medio de fibra óptica como medio de transmisión. En este contexto existen diferentes niveles de alcance, de acuerdo con el grado de acercamiento de la fibra óptica hasta el destino o usuario final, donde se considera la influencia de los costos de estos sistemas (Gaona & Santillán, 2019).

Las redes FTTH o también llamadas fibras hasta el hogar provee de una señal que se transmite por medio de fibra óptica desde los equipos de los operadores hasta llegar a los domicilios o negocios, donde se sustituye las infraestructuras de cobre existentes, sean estos cables de teléfono y cables coaxiales, a nivel nacional las redes FTTH posibilitan un mayor ancho de banda, lo que garantiza una mejor calidad de los servicios ya sean estos de internet, video y/o voz (Gaona & Santillán, 2019).

- **Características**

Las redes FTTH presentan características que las diferencian de las tecnologías o redes antiguas, las cuales se han usado para prestar una conectividad para los domicilios y permitir a cada usuario disponer de una mejor calidad de conexión, mayores velocidades de transmisión de datos y ancho de banda. De acuerdo con autores como Gaona y Santillán (2019) las principales características de esta tecnología son:

- Uso exclusivo de fibra óptica.
- Conexión dedicada, sin comparticiones entre usuarios, cada usuario dispone de un nodo de fibra óptica.
- Mayor velocidad de conexión de hasta 1000 Mbps.
- Mayor ancho de banda
- Velocidad de transmisión elevada por el empleo de fibra óptica
- Bajas tasas de latencia.

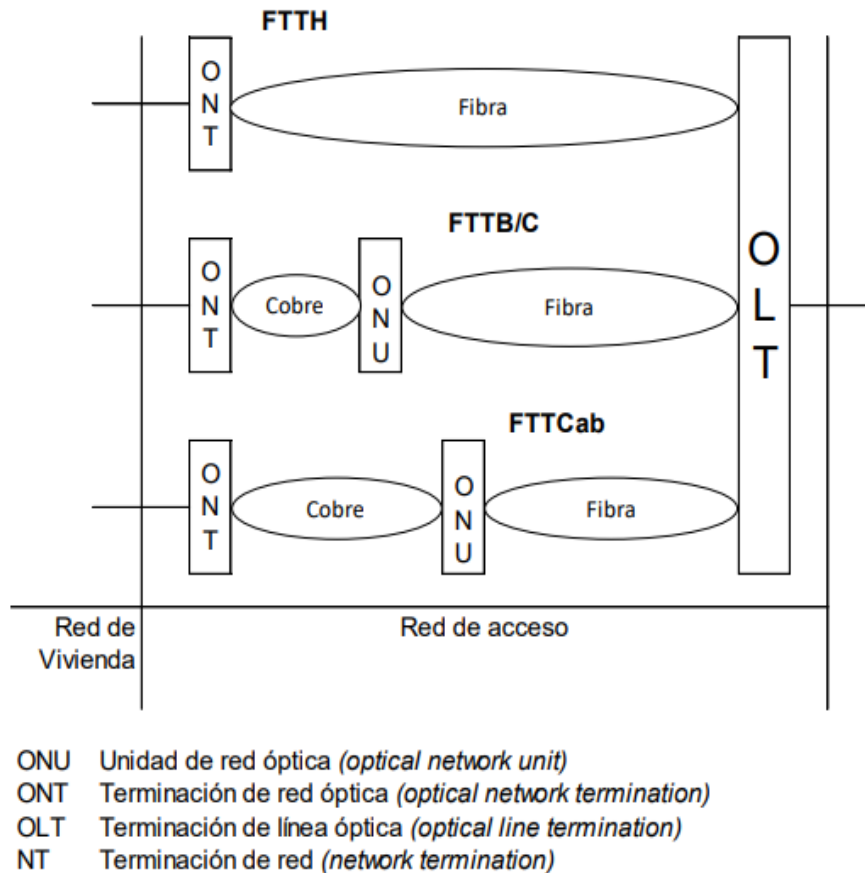
- **Arquitectura FTTH**

La arquitectura de las redes o tecnologías FTTH mostrada en la Figura 8 se caracterizan por presentar fibra óptica en toda la red global, donde se establece la inclusión de fibra desde la

central hasta cada lugar de destino ya sea este domicilios o negocios, de acuerdo con la demanda del servicio de conectividad, además cada red FTTH independientemente de su configuración y/o arquitectura final establece el uso de un medio físico mediante la multiplexación por longitud de onda WDM, desde la central hasta llegar a cada usuario, es así que la interconexión entre los usuarios y el nodo de distribución de la central de prestación del servicio de puede realizar mediante varias configuraciones físicas detalladas a continuación (TeachTarget, 2020).

Figura 8

Arquitectura de la red FTTH.



Fuente: (Recommendation-ITU-T-G.987, 2020)

2.3.Red Óptica Pasiva (PON)

PON es la principal tecnología para las redes de acceso de banda ancha brindando escalabilidad y confiabilidad, cubriendo distancias desde 20 Km hasta 60 Km. Todas las transmisiones en una red PON se realizan entre la unidad Óptica Terminal de Línea (OLT – Optical Line Terminal), localizada en el nodo óptico o central y varias terminales ópticas (ONU- Unidad Óptica de Usuario). Habitualmente la red de acceso trabaja en dos canales de bajada (desde la OLT hacia las ONUs) y de subida (desde las ONUs hasta la OLT) con una longitud de onda distinta dedicado a cada canal. La unidad ONU se ubica en domicilio de usuario, configurando un esquema FTTH (fibra hasta el usuario, Fiber To The Home) (Ramos, Marreiros, & Parra, 2022).

Las redes ópticas pasivas han tenido una evolución y definen la estructura técnica y lógica de las distintas maneras de implementar una red PON dependiendo de las tecnologías utilizadas para el acceso de banda ancha, así pues, en la Tabla 3 se describe las distintas arquitecturas de las redes PON que son aprobados por la ITU-T (Macas, 2022).

Tabla 3

Evolución y análisis comparativo de las redes pasivas ópticas (PON).

	APON	BPON	EPON	GPON1	GPON2
Año	1996	2001	2001	2003	2007
Estándar	ITU-T G.983.1	ITU-T G.983.x	IEEE 802.3ah	ITU-T G.984	ITU-T G.984.5
Velocidad DS	155 Mbps	622 Mbps	1,25 Gbps	2,50 Gbps	2,50 Gbps
Velocidad US	155 Mbps	622 Mbps	1,25 Gbps	1,25 Gbps	2,50 Gbps

Longitud DS	1490	1490	1490	1480 – 1500	1490 – 1500
Longitud US	1300	1300	1310	1260-1360	1390-1330
Transmisión	ATM		Ethernet	ATM, Ethernet, TDM	ATM, Ethernet, TDM
Split ratio	1:32	1:32	1:32	1:64; 1:128	1:64; 1:128
Distancia	20 km	20 km	10 km	20 km	20 km

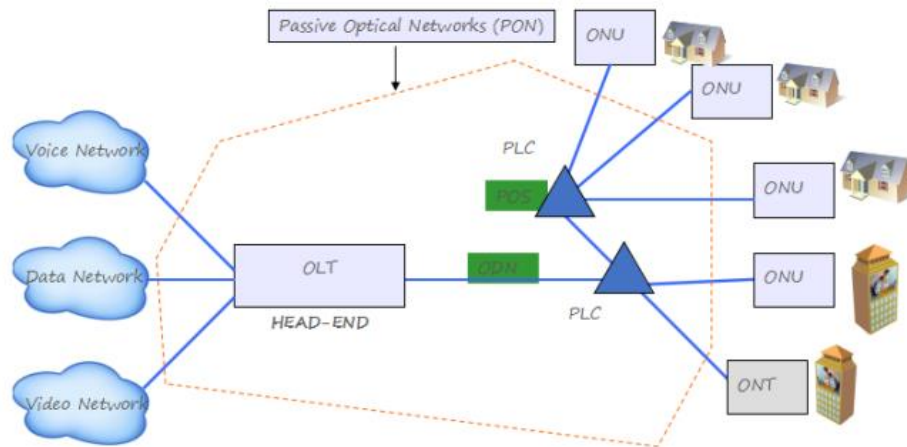
Fuente: (Guaña, 2019)

2.3.1. Elementos de una red óptica pasiva

La Red Óptica Pasiva (PON) se caracteriza por ser versátil y escalable en cuanto a la cantidad de servicios que es capaz de transmitir y en la manera en cómo los transmite y su principal ventaja es la reducción de costos ya que utiliza solo elementos pasivos. Los elementos principales que componen una red óptica pasiva son una terminal de línea óptica (OLT) en la oficina central del proveedor del servicio y varias unidades de red óptica (ONU) o terminales de red óptica cerca de los usuarios finales. Se utiliza la red de distribución óptica (ODN) que incluyen componentes ópticos durante la transmisión entre OLT y ONU/ONT como indica la Figura 9 (Conde, 2017).

Figura 9

Elementos de una red óptica pasiva



Fuente: (Optictimes, 2018)

2.3.1.1. Terminal de línea óptica OLT

La OLT es el elemento activo que conecta la red óptica de distribución (ODN) con los equipos del proveedor del servicio de telecomunicaciones y generalmente está situada en la central del proveedor (Revelo, 2019). Está formada por una tarjeta de ventiladores para enfriar al equipo activo, tarjetas de gestión y control, tarjetas para tráfico de telefonía y tarjetas de servicios que poseen puertos, donde cada puerto representa un hilo de fibra óptica del cable troncal o feeder (Castro R. , 2019). Cada OLT suele tener la suficiente capacidad para proporcionar un servicio a cientos de usuarios. Además, actúa de puente con el resto de las redes externas, permitiendo el tráfico de datos con el exterior.

Los equipos de terminal óptica tienen por objetivo llevar a cabo funciones de control en la red de distribución: control de las potencias emitidas y recibidas, corrección de errores. De la misma forma administran la multiplexación de los canales de subida y de bajada. Cada OLT,

recibe datos de tres fuentes distintas de información, y actúa como concentrador de todas ellas.

Es decir, como se muestra en la Figura 10, la OLT de cabecera tiene conexión con las siguientes redes:

- PSTN (public switched network) o RTB (red telefónica básica), para los servicios de voz; la OLT se enlaza a través de un router de voz o un gateway de voz mediante interfaz correspondiente MGCP (Media Gateway controller protocol) o protocolo de controlador gateway de medios de comunicación.
- Internet, para los servicios de datos o VoIP; el OLT se conecta mediante un router o gateway IP/ATM de voz, mediante encapsulamiento IP sobre ATM.
- Video broad cast o VoD (video on demand), para los servicios de video difusión; el OLT se enlaza directamente, o bien indirectamente a través de un router o gateway ATM.

Es importante mencionar que el OLT no es un hardware único, está conformado por tres módulos o equipos diferentes, cada uno de estos se encarga de gestionar un tráfico determinado.

Existen tres subtipos de OLT

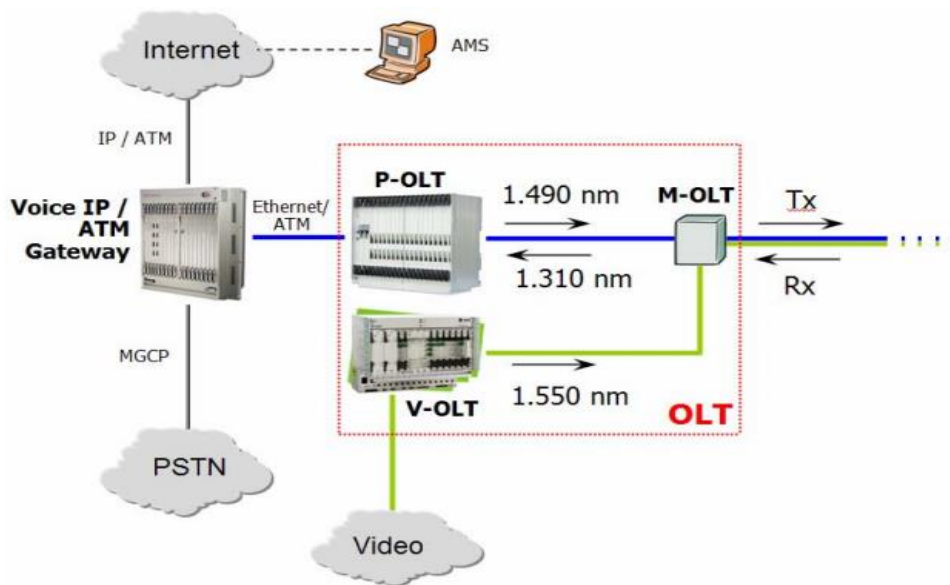
- P-OLT, OLT proveedor (provider OLT): este equipo recoge infinidad de tramas de voz y datos agregadas que se dirigen hacia la red PON, desde las redes RTB e Internet, para transformarlas en señales inyectables en las ramas de los usuarios por difusión con protocolo TDM o multiplexación por división en el tiempo utilizando una longitud de onda dedicada de 1490 nm. También absorbe todas las tramas de voz y de datos procedentes de los ONT de usuarios, y los concentra en una sola vía de escape según la naturaleza de los datos. De esta forma el tráfico de voz se redirige hacia la RTB, y el tráfico de datos hacia la red Internet, usando una longitud de onda dedicada de 1310 nm.

Además, se encarga de multiplexar el canal descendente (en dirección a los ONT) y ascendente (en dirección al OLT) a través de la misma fibra.

- V-OLT, OLT de video (video OLT): se encarga únicamente de transportar las tramas de video y video bajo demanda V o D que vienen de la red de video difusión, hasta los ONT de los usuarios. Para lo cual transforma las tramas de video en señales inyectables en las ramas de todos los usuarios (difusión), mediante longitud de onda dedicada de 1550 nm.
- M-OLT, OLT multiplexador (multiplexer OLT): es un equipo multiplexor WDM que permite la multiplexación y demultiplexación entre las señales procedentes del P-OLT y V-OLT.

Figura 10

Diagrama de la OLT.



Fuente: (Castro R. , 2019)

El empleo de diferentes longitudes de onda permite evitar interferencias entre los contenidos del canal ascendente y descendente. Para lo cual se utilizan técnicas WDM

(Multiplexación por división de longitud de onda) que se fundamentan en el uso de filtros ópticos (Castro R. , 2019).

2.3.1.2. Red de distribución óptica ODN

Está compuesta por el anillo de fibra óptica, o cable feeder (alimentación), que conecta la puerta principal y la de respaldo del splitter primario 2xn; y si el nivel de atenuación lo permite, a través de cables de distribución se conectan los splitters secundarios del tipo 1xn, para llegar a las ONTs a través de una caja de distribución y cables Drop o de acometida (Campo & Romo, 2019).

La ODN es pasiva y está constituida generalmente por diversos elementos. Por otra parte, la OLT y las ONT son las encargadas de inyectar las señales ópticas a la ODN (Campo & Romo, 2019).

Cable Patch Cord: es el cable de conexión entre el equipo activo y el ODF en su porción interna, y patch cords frontales ODF a ODF, para administrar los del equipo activo simplemente cambiando patch cords de posición.

- Cable Feeder: cable, o grupo de cables que contienen el filamento de fibra óptica para interconectar las puertas PON de la OLT con las puertas de entrada del splitter primario.
- Cable distribución: contiene el filamento de fibra óptica que interconecta un splitter primario y un splitter secundario si este existiera.
- Splitters: elementos ópticos pasivos que, mediante una o dos entradas, replican por sus salidas, la señal óptica que ingresa, introduciendo niveles de atenuación que se incrementan a medida que la cantidad de puertas de salida aumenta.

- Distribuidor de Fibra Óptica (ODF): es un gabinete metálico que permite distribuir de forma organizada la fibra óptica, habilita los hilos de fibra óptica del cable instalado para conectarlos físicamente hacia las interfaces de los equipos de transmisión.
- Armario (FDH): los hubs de distribución de fibras ópticas están ubicados en un determinado punto del distrito y es el lugar de conexión entre la red de feeder y la red de distribución por medio de splitters de 1xn. Hacen posible las ampliaciones de red feeder y de red de distribución.
- Caja de Distribución Óptica NAP: es el punto de conexión entre la red de distribución y las conexiones individuales de cada abonado. Además, son puntos de corte para labores de operación y mantenimiento.
- Zona de Servicio: está compuesta por las puertas PON, las posiciones en el ODF, los filamentos del cable de FO que interconectan las puertas working y protection del splitter principal a la puerta PON y el splitter principal.
- Red feeder (troncal): conecta el distribuidor (ODF) con los Armarios, FDB o mangas, se forma por cables de fibra óptica a partir de la central y se dividen hacia elementos de distribución. Comúnmente van por canalización en subductos.
- Red de distribución: red que une el armario de distribución (FDH o FDB) y las cajas de distribución (NAP) y está constituida por splitters, cables de fibra óptica aéreos, murales, subterráneos, empalmes y cajas de distribución.

Red de distribución interna: une la caja de distribución principal (FDB) y las cajas de distribución secundaria (FDF).
- Red de dispersión: son cables de fibra óptica que van desde la caja de distribución óptica (NAP) hasta la roseta óptica. Está dividida en dos tramos, el primero hasta un punto de

transición (FDF) y luego continúa con un cable tipo interior en casa del abonado terminando en la roseta.

2.3.1.3. Unidad de red óptica

La ONU transforma las señales ópticas transmitidas a través de la fibra en señales eléctricas que son enviadas a los suscriptores individuales. Habitualmente existe cierta distancia u otra red de acceso entre la ONU y las instalaciones donde se localiza el usuario final. Otras funciones de la ONU son enviar, agregar y gestionar diferentes tipos de datos provenientes del abonado y enviarlos en sentido ascendente a la OLT. La conexión de la ONU se puede realizar mediante varios métodos y tipos de cable, como por ejemplo el cable de par trenzado de cobre, el cable coaxial; con fibra óptica o con Wi-Fi (Campo & Romo, 2019).

2.3.2. Tecnología XG-PON

La red XG-PON es un estándar aplicado para las transmisiones de banda ancha que tiene el fin de brindar una velocidad de internet de 10 Gbps sobre las redes PON y con todo tipo de arquitectura FTTx. La red XG-PON o también llamada 10G-PON es una tecnológica que se encuentra definida a través de la norma ITU-T G.987, esta red tiene como base la tecnología ya desarrollada GPON, ofrece nuevos servicios, así como también posibilita una fácil aplicación, reducción de costos, la reutilización para estructuras y dispositivos, así como también se plantea el aumento de la capacidad, alcance y relación de división existente y a su vez la corrección de problemas ópticos (Sánchez, 2018).

Entre las características de las redes XG-PON se destaca la posibilidad de coexistencia con las redes G-PON, donde es necesario que se disponga de un adecuado uso de las diversas bandas de frecuencia. Por otra parte, en las redes XG-PON existe una división de tres capas correspondientes a: Capa física, Convergencia de transmisión y la Capa de trayectoria o de

encapsulamiento. La capa de Convergencia de transmisión (TC) se divide en dos subcapas: de transmisión y de adaptación, esta primera se encarga de las funciones PON y la transmisión en la ODN, mientras que la segunda se encarga de manejar diferentes tipos de datos. Las recomendaciones proporcionado por la ITU-U para las redes xGPON se detalla a continuación.

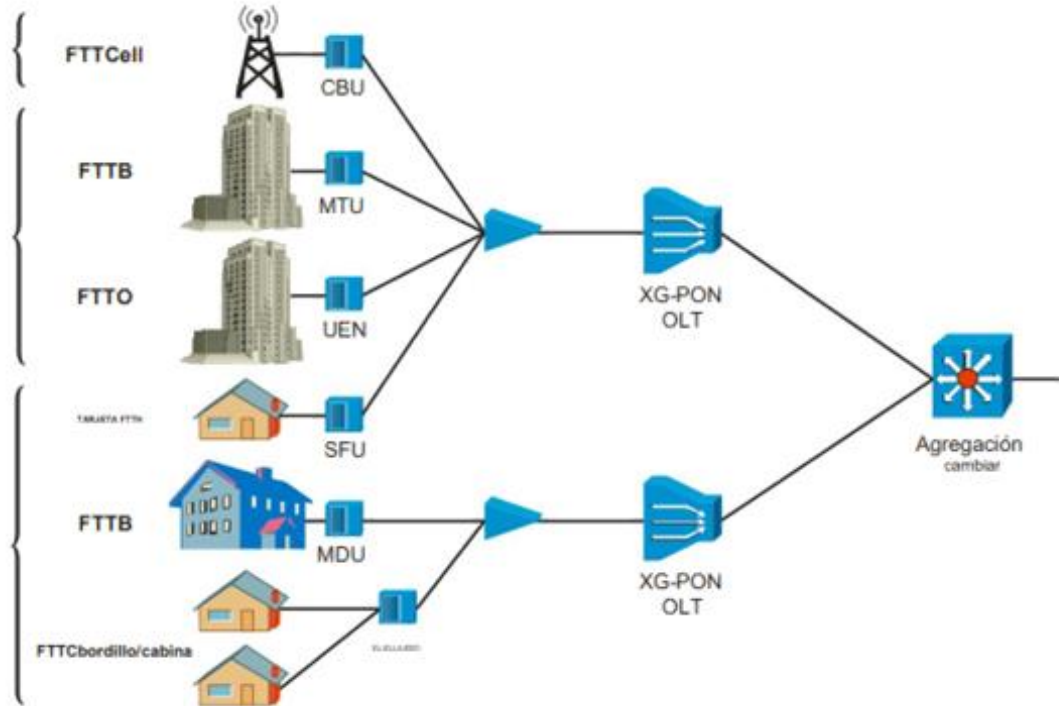
- **G.987:** Conceptos principales de xGPON.
- **G.987.1:** Presenta los requisitos generales, los servicios a soportar, las especificaciones de hardware y protocolos de XG-PON, así como la migración de la red y coexistencia de X.G-PON con GPON.
- **G.987.2:** Se centra en la PDM capa dependiente de los medios físicos, como la longitud de onda utilizada y las velocidades de datos admitidos.
- **G.987.3:** Presenta los detalles de la capa de convergencia xGPON, además de los protocolos de comunicación de datos, esta recomendación cubre la gestión de QoS y el ancho de banda dinámico.

Otras recomendaciones relacionadas con XG-PON es ITU-T G988, que especifica la gestión y el control del interfaz de la ONU (Cianet, 2019).

La red XG-PON, estos corresponden a: XG-PON1 donde el canal de comunicación ascendente se basa en la recomendación ITU-T G.987.2, y ofrece una velocidad de 2.5 Gbps, y por la parte descendente ofrece una velocidad de transmisión de hasta 10 Gbps y a el modelo XG-PON2 el cual ofrece una velocidad simétrica para la recepción y transmisión de datos equivalente a 10 Gbps. El modelo de red XG-PON1 se establece como la evolución de las redes GPON, y da soporte en diferentes escenarios y condiciones como se detalla en la Figura 11.

Figura 11

Escenarios de aplicación de red XG-PON.



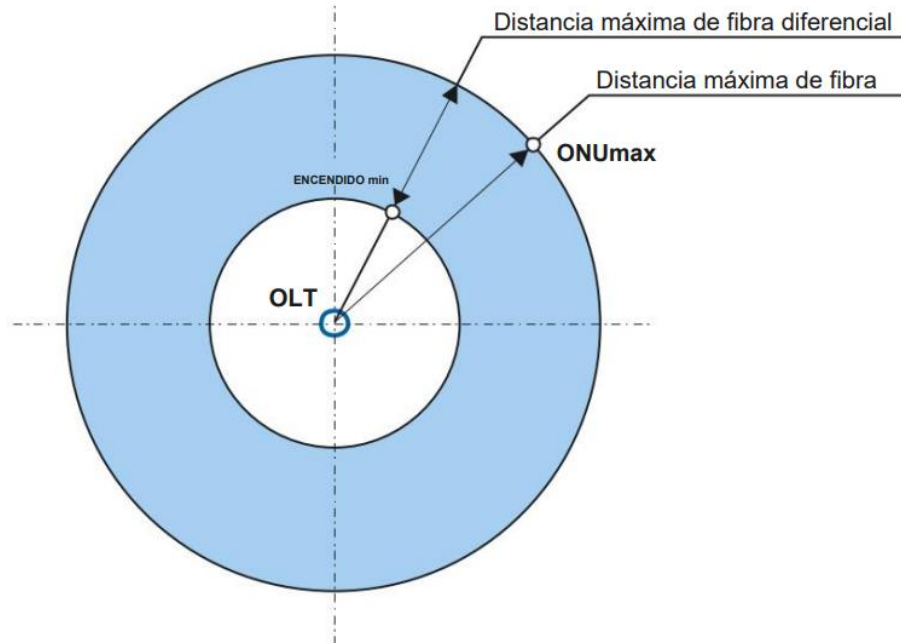
Fuente: (Recommendation-ITU-T-G.987.1, 2020)

2.3.2.1. Conceptos principales de xGPON Recomendación ITU-T G 987

Las recomendaciones ITU-T G.987 se conforma del conjunto de definiciones, abreviaturas y convenciones comunes correspondientes a las Recomendaciones de la serie ITU-T G.987.x, estas abordan los parámetros de extensión lineal de las redes XG-PON, haciendo uso del concepto de distancia de fibra. En este contexto es importante mencionar las Unidades de Red Óptica (ONU), mismas que se caracterizan por la distancia de fibra como indica la Figura 12, donde para los pares de ONU en una interfaz OLT-PON la distancia de fibra diferencial es equivalente a la diferencia entre las distancias individuales de fibra (Recommendation-ITU-T-G.987, 2020).

Figura 12

Conceptualización de la distancia de fibra.



Fuente: (Recommendation-ITU-T-G.987, 2020)

En la capa PMD el conjunto de parámetros específicos contienen la disposición para conceder una distancia de fibra máxima específica. Las especificaciones correspondientes a la capa de Convergencia de transmisión (TC) presente una disposición para permitir rangos específicos de distancia entre la fibra máxima y diferencial máxima, estos pueden ser configurables para un sistema dado. Adicionalmente respecto a la implementación de la red XG-PON, la distancia máxima de fibra de la capa TC debe coincidir con la distancia máxima admitida por el conjunto de parámetros de la capa PMD seleccionada (Recommendation-ITU-T-G.987, 2020).

2.3.2.2. Características Generales ITU-T G 987.1

La Recomendación ITU-T G.987.1 es aquella que trata sobre los requerimientos generales de las redes XG-PON, con la finalidad de establecer las características de la capa física y la capa de convergencia de transmisión detallada en la Tabla 4. Dentro de las características generales de esta Recomendación se encuentra ejemplos de servicios, interfaces nodo de servicio (SIN) y red de usuario (UNI), además de las configuraciones principales correspondientes a las exigencias por parte de los operadores de esta red para su implementación. Otra de las características de esta Recomendación al sistema y requerimientos operativos para brindar el soporte a diversas aplicaciones comerciales y residenciales (Recommendation-ITU-T-G.987.1, 2020).

Es importante destacar que la Recomendación ITU-T G.987.1 presenta características de las series de Recomendaciones ITU-T G. 982; ITU-T G. 983 y ITU-T G. 984, esto con el fin de posibilitar la compatibilidad hacia atrás con las ODN (Redes de Distribución Óptica) que cumplen con esas Recomendaciones. Por otra parte, la recomendación ITU-T G:987.1 proporciona un mecanismo por el cual se permite que se dé el proceso de migración continua para los usuarios de redes G-PON hacia XG-PON, empleando la multiplexación por división de longitud de onda (WDM) que se encuentra definido en la Recomendación ITU-T G. 984.x (Recommendation-ITU-T-G.987.1, 2020).

Tabla 4

Parámetros y requerimientos de la capa física para la red XG-PON.

Parámetro	Requerimiento
Fibra óptica	Monomodo, presenta características similares a la red G-PON

Longitud de Onda	Downstream: 1575 1581 nm
	Upstream: 1260 – 1280 nm
Tasa de Transferencia	XG-PON1: 10 Gbps downstream, 2.5 Gbps upstream
	XG-PON2: 10 Gbps downstream, 10 Gbps upstream
Relación de división de potencia (Splitters)	1:32, 1:64, 1:128 o 1:256
Distancia de la fibra	XG-PON1: máxima distancia de fibra debe ser 20 km
	Capa TC: máxima distancia lógica de fibra debe ser 60 km

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

2.3.2.3. Especificaciones Capa PMD ITU-T G.987.2

Dentro de la serie de Recomendación ITU-T G.987.2 se presenta las características de la capa PMD de una red óptica de acceso, misma que presenta la capacidad de transmisión de diversos servicios entre la interfaces del usuario de red y del nodo de servicio, además abarca las extensiones correspondientes a los requerimientos de PMD para XG-PON, así como también describe las mejoras respecto a la distribución de longitudes de onda por las cuales se posibilita la relación y coexistencia entre las redes G-PON y XG-PON (Recommendation ITU-T-G.987.2, 2020).

Tabla 5

Especificaciones para la capa PMD.

Parámetro	Requerimiento
Velocidad de línea	Downstream: 9.95328 Gbps.
	Upstream: 2.48832 Gbps.
Codificación de línea	NRZ

Frecuencia de operación	Downstream: 1575-1580 nm
	Upstream: 1260-1280 nm
Código FEC	Downstream: FEC fuerte
	Upstream: FEC débil
Características de Fibra Óptica	Compatible con IUT-T G.952 Transmisiones bidireccionales, utilizando la técnica WDM.
Tipo de Fuente	Láser SLM (Single-Longitudinal Mode).

Fuente: (Recommendation ITU-T-G.987.2, 2020)

2.3.2.4. Detalle de la capa de convergencia XG-PON ITU-T G.987.3

Dentro de la Recomendación ITU-T G. 987.3 se describe la capa de convergencia (TC) para los sistemas XG-PON, donde se especifica la estructura de la capa de convergencia de transmisión XGTC la cual está conformada por tres capas, así como también las funcionalidades de las subcapas de servicio de adaptación, entramado, PHY, así como también el servicio de administración integrado, la capa física OAM y el proceso de activación de la Unidad de Red Óptica (ONU). Adicional para esta capa se especifica los formatos y procedimientos de asignación entre la capa superior SDU y el flujo de bits más adecuado para modular la portadora óptica (Recommendation-ITU-T-G.987.3, 2021).

Por otra parte, respecto a la capa XGTC y la capa PMD se establece que para el sentido ascendente de la interfaz se representa por una secuencia de ráfagas de bits, mientras que para el sentido descendente la representación se da por una trama de 125us de duración.

2.3.2.5. Beneficios de la tecnología XG-PON

En la actualidad la necesidad de emplear tecnologías que contribuyan a la mejor de los servicios de telecomunicaciones se puede encontrar a la tecnología PON de fibra óptica, destacando la red XG-PON la cual presenta características y propiedades importantes debido a una mayor velocidad de transmisión de datos y una disminución en la compartición, a diferencia de las redes GPON (Pozo & Zurita, 2019) (Sánchez, 2018) (Almache, 2020).

De acuerdo con (Sánchez, 2018) los beneficios que presenta las redes XG-PON son los siguientes:

- Se establece un ancho de banda dinámico.
- Ofrece un servicio de calidad y transmisión de datos
- Se establece un control remoto ONU mediante la interfaz de servicio y monitoreo ONT establecido en la recomendación ITU-T G.988.
- Dirección Upstream y Downstream (canales ascendentes y descendentes).
- Presenta una compartición desde 1:32 (con nivel lógico de 1:128 a 1:256).
- Corrección de errores – Forward Error Correction.
- Empleo de componentes de seguridad superiores.
- El sistema XGPON emplea opciones de sincronización que facilitan el acceso a aplicaciones de backhaul.

A su vez (Sánchez, 2018) compara las características y beneficios que ofrece las redes XG-PON respecto a las redes G-PON detallada en la Tabla 6.

Tabla 6*Comparación de los beneficios de las redes XG-PON y G-PON.*

		X-GPON	GPON
Estándar		ITU-T G.987	ITU-T G.984
Capa MAC	Servicios	Ethernet, gigabit Ethernet, TDM, POTS, VoIP, IPTV, TV DIGITAL	Ethernet, GIGABIT Ethernet, TDM, POTS, VoIP, IPTV, TV DIGITAL
	Tramas	Trama del método de encapsulado 10 GPON (XGEM)	Trama del método de encapsulado GPON(GEM)
	Alcance	Mínimo 20 km a nivel físico; Mínimo 60 km a nivel lógico; Máximo 40 km diferenciales	Máximo 20 km a nivel físico; Máximo 60 km a nivel lógico.
Capa Física	Relación de Splitter	1:64 1:128 a 1:256 a nivel lógico	1:64 Hasta 1:128 a nivel lógico
	Velocidad de Transmisión	Upstream: 2,5/10 Gbps Downstream: 10 Gbps	Upstream: 1,2 Gbps Downstream: 2,4 Gbps
Longitud de onda		Upstream: 1260 nm/1280 nm	Upstream: 1260 nm/1360 nm
		Downstream: 1575 nm/1580 Nm	Downstream: 1480 nm/1500 Nm
	FEC	Obligatorio	Opcional

Fuente: Sánchez (2018), p.48.

2.3.2.6. Ventajas y Desventajas

La tecnología XG-PON tiene diversas ventajas sobre otras tecnologías que también utiliza fibra óptica para su transmisión. Entre estos tenemos:

- XG-PON es realizada mediante una migración sencilla y de bajo costo ya que hace uso de la misma infraestructura de la tecnología GPON.
- El nivel de división es de 256 ONUs por puertos PON, teniendo una capacidad asimétrica con 10 Gbps de bajada y 2,5 Gbps de subida.
- Proceso de migración gradual, actualización de la OLT y ONUs, pero uso de la misma ODN.
- Ancho de banda elevado para sus usuarios.
- Cuenta con un modelo de gestión integrado que simplifica la administración de los equipos.
- Innovación de los servicios, tiene un aumento progresivo de la capacidad de la red, aumento de número de clientes servidos.
- Seguridad en el tráfico de datos debido a que la interceptación de los cables supone una anulación.
- El rango de alcance de la señal con potencia suficiente es de 20 km.
- Admite varios mecanismos de autenticación como el ID de registro que se ejecuta en el curso de la activación de la ONU para evitar cualquier reprogramación de este.

Sin embargo, no todo son ventajas ya que esta tecnología posee algunas desventajas como:

- La OLT son elementos críticos dentro de la red ya que tiene conectados muchas ONUs a él y en caso de que la OLT sufra una caída, caería toda la parte de la red que está conectado a dicho OLT.

- Pérdidas mínimas de potencia por división el nivel de divisores ópticos o splitters es decir que a mayor número de splitters existe mayor pérdida de potencia.

2.4. Metodología

Para realizar el proyecto se escogió la metodología TOP-DOWN, que es utilizada para el diseño de redes, por tanto, este tipo de método se centra en lo general, y se dirige a lo particular manejando un conjunto de cinco fases sistemáticas como detalla la Figura 13 que describen el diseño de un proyecto tecnológico ajustadas a las necesidades del cliente y la empresa (Hernández , Cadena, & Montero, 2021).

Figura 13

Fases de la metodología TOP-DOWN.



Fuente: (Hernández , Cadena, & Montero, 2021)

La metodología Top-Down es un método interactivo, permitiendo dividir los problemas en fases que permiten trabajar de manera más eficiente que permita hacer un seguimiento fácil a todos los procesos a realizarse en cada una de las 5 fases.

- **Fase I: Análisis de requerimientos**

Fase referente al estudio y al análisis de la situación actual de la empresa incluyendo la arquitectura de red que esta implementada en los nodos de enlace inalámbrico detallando los equipos que se están utilizando, la situación actual de clientes y los requerimientos necesarios para la implementación de una red FTTH.

- **Fase II: Diseño lógico de la red**

Se determina las consideraciones del diseño de la red FTTH la cual comprenderán de la topología de red que se emplea a utilizar para el despliegue de la red de fibra óptica, la demanda de clientes, así como los elementos de compartición óptica, cálculos respectivos de ancho de banda, determinación de cable óptico y la descripción referencial de ubicación de los componentes de red FTTH.

- **Fase III: Diseño físico de la red**

En esta fase se con ayuda de un software se realiza la propuesta del diseño para el despliegue de la red FTTH con la tecnología planteada y las consideraciones determinadas en el diseño lógico.

- **Fase IV: Selección de materiales, equipos y cálculos de presupuestos de potencia.**

Tomando en cuenta el diseño lógico y físico de la red se realiza la selección de equipos y materiales y estos elementos deben ser detallados con todas sus especificaciones técnicas y teóricas la cual deben satisfacer con cada una de las consideraciones detalladas en la fase de

diseño. Ya determinado todos los parámetros y especificaciones de materiales, equipos y más las distancias de enlaces determinada en el diseño físico se realiza el presupuesto de potencia óptico.

- **Fase V: Análisis de factibilidad del proyecto**

Finalmente, en esta etapa se analiza la posible rentabilidad del proyecto y sobre todo si es viable o no. Se define los costos y los beneficios generales del proyecto considera todos los elementos de inversión, así como los beneficios económico-esperados a un determinado tiempo.

Para ello se utiliza los parámetros importantes para calcular la viabilidad del proyecto:

- VAN= Valor Actual Neto
- TIR= Tasa Interna de Retorno.

3. CAPITULO III: DISEÑO DE LA RED CON TECNOLOGÍA XGPON

En este capítulo se realizará el análisis de la situación actual del servicio de internet inalámbrica brindada por la empresa LYMNET, posterior a eso se detalla el diseño de la red de acceso FTTH con el uso de la tecnología xGPON propuesto para las comunidades altas de la parroquia Tabacundo, además del presupuesto de materiales y equipos necesario a utilizar en el despliegue de la red de acceso y finalmente se realiza los cálculos de potencia y atenuación de la fibra óptica necesarios para su implementación.

3.1.Fase I: Análisis de requerimientos

Se refiere al estudio y al análisis de la situación actual de la empresa incluyendo la arquitectura de red que esta implementada en los nodos de enlace inalámbrico detallando los equipos que se están utilizando, la situación actual de clientes y los requerimientos necesarios para la implementación de una red FTTH.

3.1.1. Situación actual de la empresa LYMNET

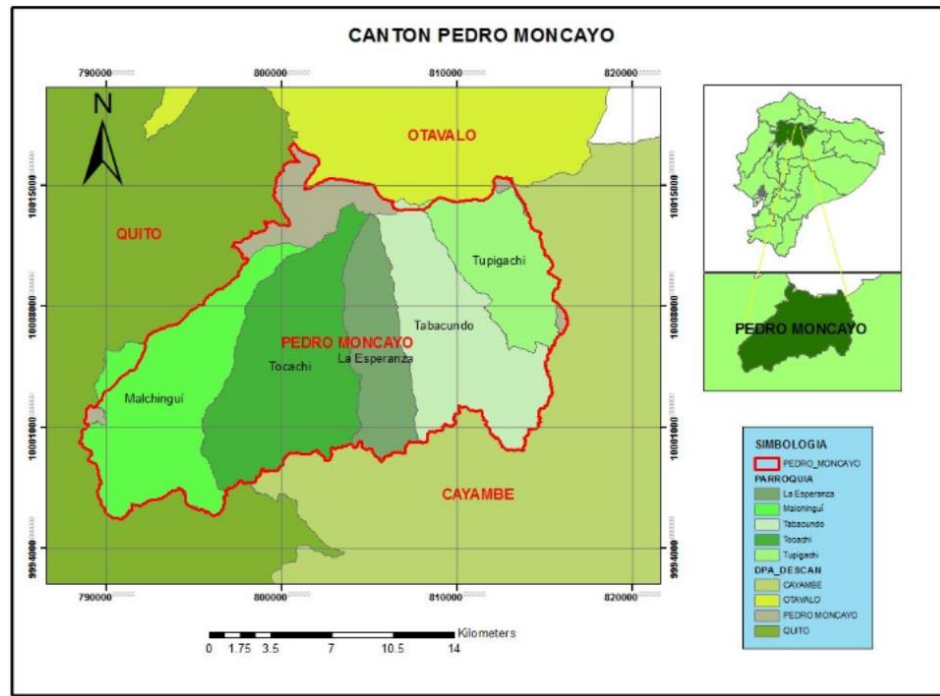
En esta sección se describe la ubicación geográfica y la descripción de la red actual, teniendo en cuenta la infraestructura tecnológica del nodo principales y secundarios de la empresa LYMNET y los requerimientos de los clientes.

3.1.1.1. Ubicación geográfica

La empresa LYMNET es una entidad privada que brinda servicio de internet a las comunidades altas de la parroquia Tabacundo del cantón Pedro Moncayo como la cual está ubicada en la provincia de Pichincha, aproximadamente a 50Km de la ciudad de Quito como se visualiza en la Figura 14.

Figura 14

Cantón Pedro Moncayo y sus Parroquias.

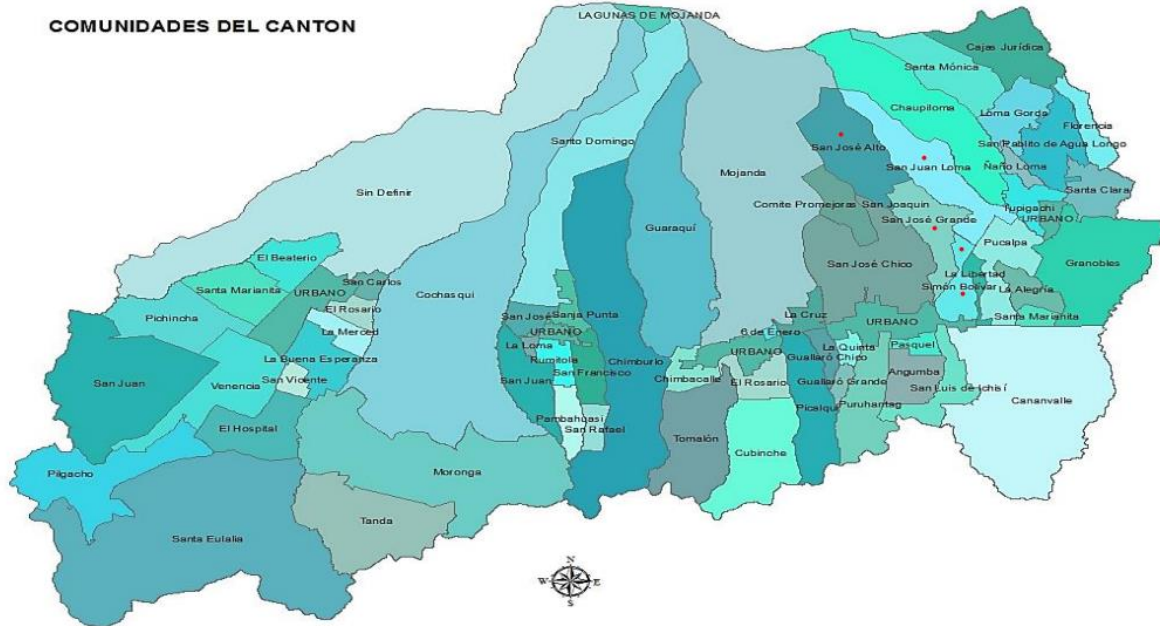


Fuente: (GAD Municipal del Cantón Pedro Moncayo, 2021)

El cantón Pedro Moncayo cuenta con cinco parroquias de los cuales una urbana que es la cabecera cantonal Tabacundo y cuatro parroquias rurales con sus respectivos barrios y comunidades como se muestra en la Figura 15.

Figura 15

Cantón Pedro Moncayo y sus Comunidades.



Fuente: (GAD Municipal del Cantón Pedro Moncayo, 2021)

La empresa LYMNET, cuenta con una infraestructura actual que brinda servicio de internet a todos sus usuarios con tecnología inalámbrica a través de radio enlaces. El nodo principal está ubicado en las coordenadas 0°02'45.4"N 78°12'07.8"W y detallada en la Tabla 7.

Tabla 7

Ubicación del nodo principal LYMNET.

ISP LYMNET	
Propietaria:	Catucuango Cabascango María Mercedes
Cédula:	1715245690
DIRECCIÓN NODO PRINCIPAL	
Provincia:	Pichincha

Cantón:	Pedro Moncayo
Barrio:	La Y
Sector	Panamericana S/N - Diagonal a la Gasolinera PANTERA
Referencial:	2

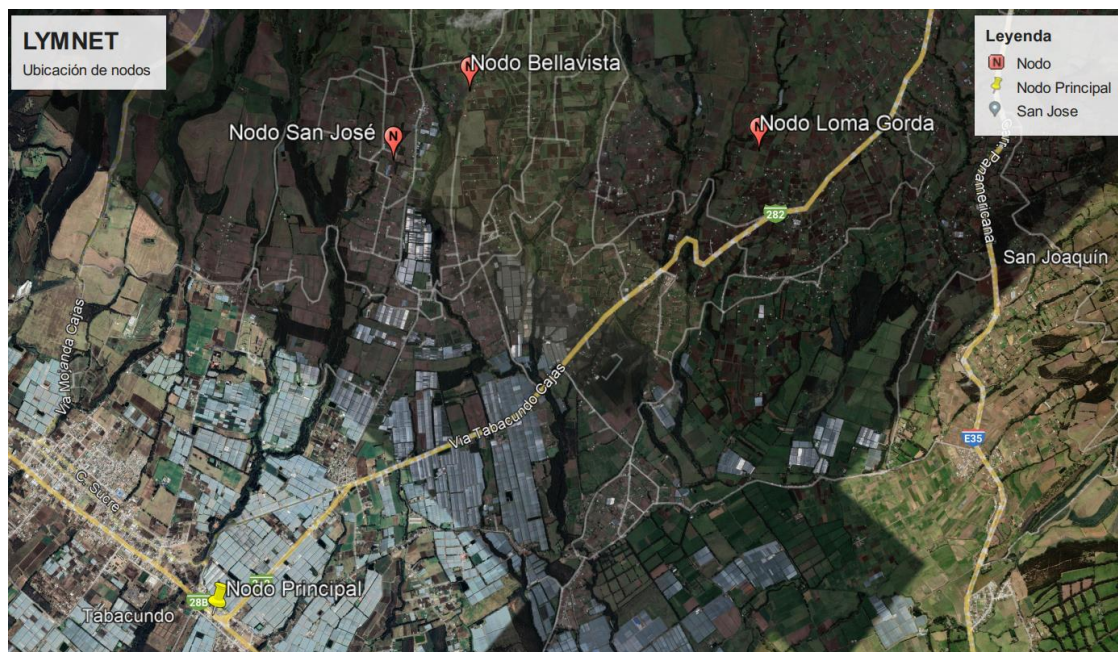
Fuente: Elaboración del autor.

3.1.1.2. Descripción de la red

En la Figura 16 se constata la ubicación del nodo principal en la radio base en el sector de la Y de Tabacundo y los secundarios en las comunidades altas San José, Bellavista y Loma Gorda respectivamente, proporcionando internet a estas comunidades

Figura 16

Identificación de nodo principal y secundarios.



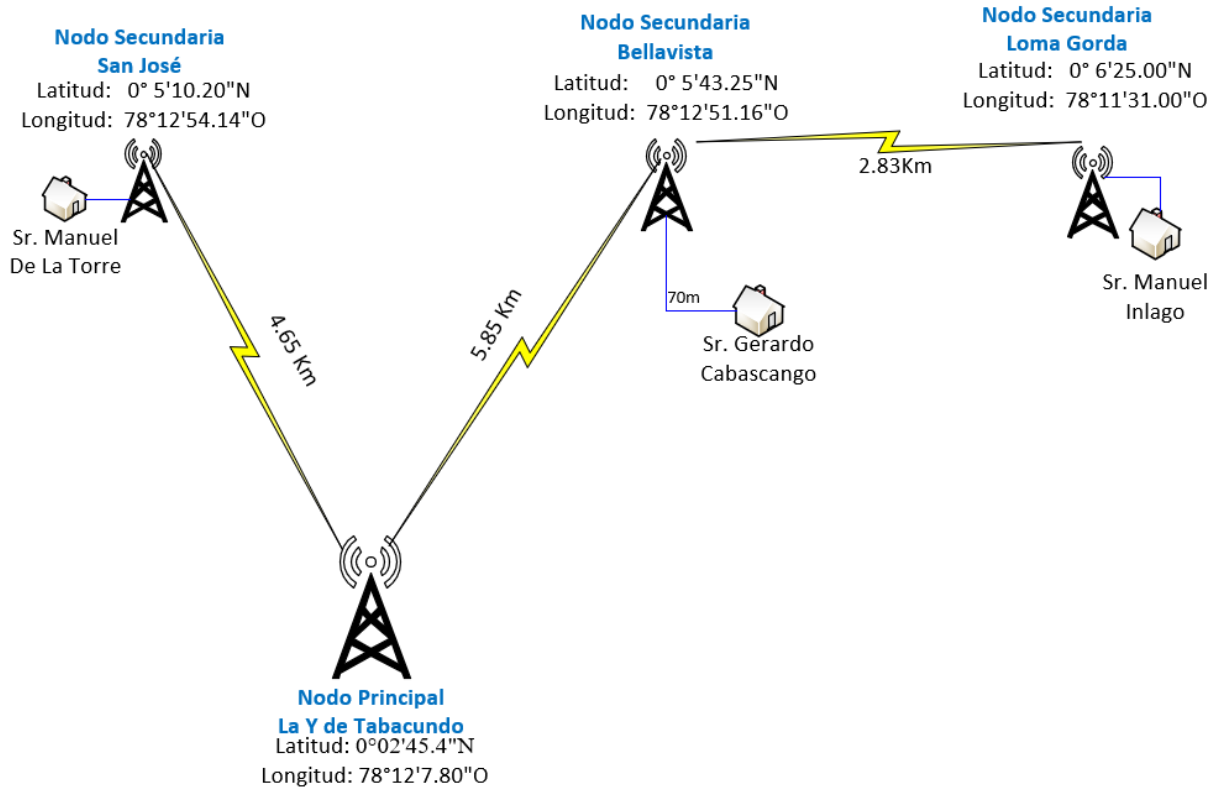
Fuente: Elaboración del autor en Google Earth.

La Figura 17 hace referencia a la arquitectura de la topología física de la red que dentro del área de cobertura de LYMNET, la cual logra abarcar a todos los usuarios brindando servicio

de internet a través de radioenlaces. La alimentación eléctrica para los nodos secundarios está proporcionada por los hogares de los usuarios más cercanos a cada nodo.

Figura 17

Topología física de la red actual de LYMNET.



Fuente: Elaboración del autor.

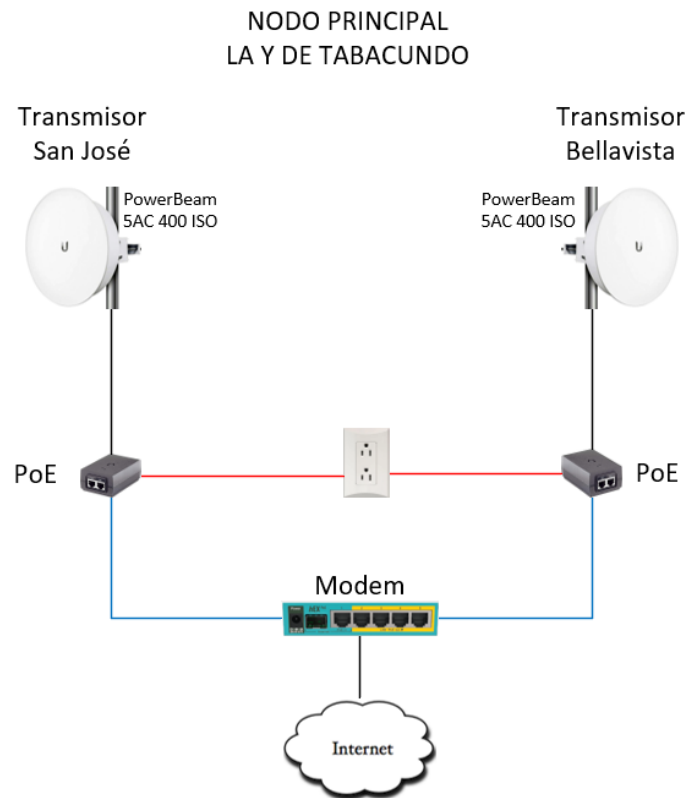
3.1.1.2.1. Nodo Principal LYMNET

La infraestructura del nodo consta de 2 antenas transmisoras (PowerBeam 5AC 400 ISO) la cual se tiene un enlace punto a punto con los nodos de San Jose y Bellavista. Los equipos transmisores y receptores trabajan a la frecuencia de 5.8 GHz, al utilizar equipos que trabajen a esta frecuencia es obligado tener una línea de vista perfecta los puntos a enlazarse ya que se trata de una frecuencia alta y la capacidad máxima de transmisión es de 450Mbps. Tal como se

muestra en la Figura 18 estas dos antenas están conectados a un mismo modem de marca mikrotik.

Figura 18

Diagrama de arquitectura del nodo principal LYMNET.



Fuente: Elaboración del autor.

En la Figura 19 se puede evidenciar que las antenas transmisoras del nodo principal están instaladas en la fachada de la oficina central que está ubicado en la zona de La Y de Tabacundo.

Figura 19

Fotografía del nodo principal.



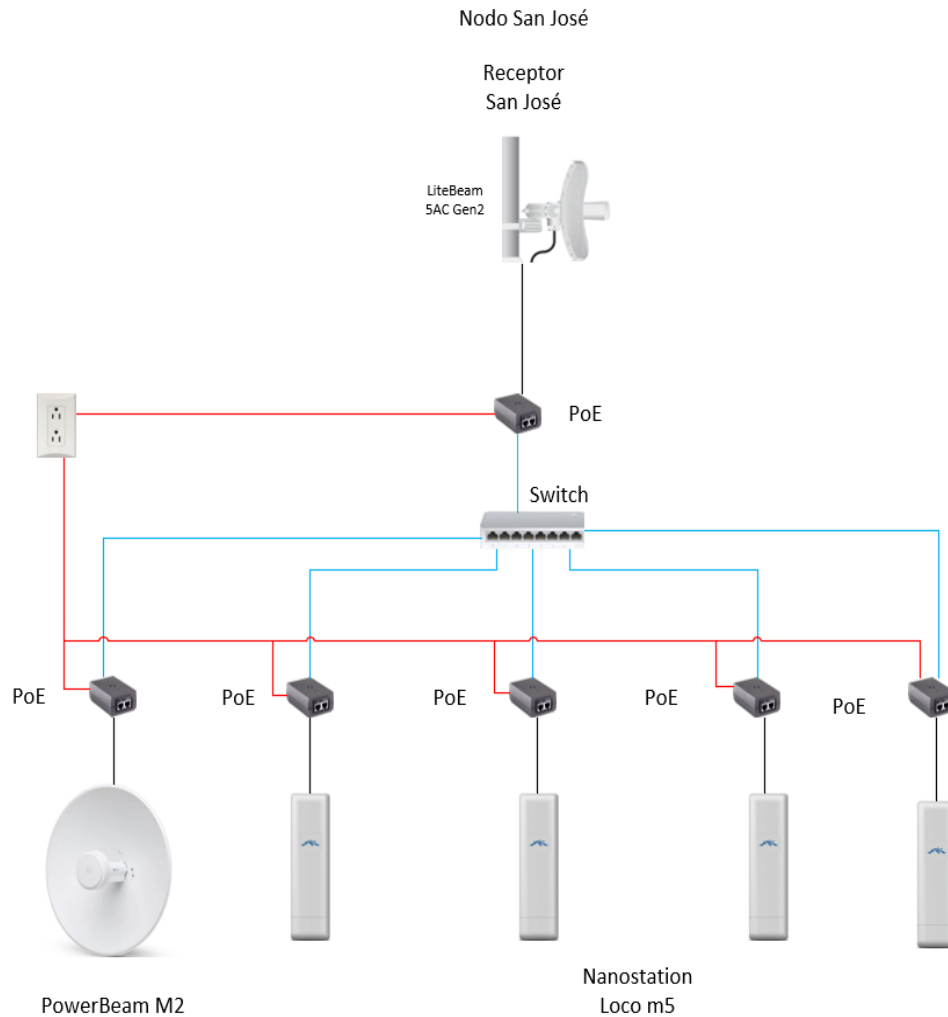
Fuente: Elaboración del autor.

3.1.1.2.2. Nodo Secundario San José

La antena receptora del nodo San José (Lite 5AC Gen2) es el encargado de capturar la señal que es enviada por el transmisor (PowerBeam 5AC 400 ISO) del nodo principal, el mismo que está conectado a un switch que comparte todos los recursos a las 5 antenas sectoriales (4 antenas Nanostation Loco M5 y una antena PowerBeam M2) como se muestra en la Figura 20, para poder cubrir todas las direcciones posibles que tiene como objetivo principal brindar acceso a internet a los usuarios en esta zona.

Figura 20

Diagrama de arquitectura del nodo secundario San José.



Fuente: Elaboración del autor.

En la Figura 21 se puede evidenciar que todas las antenas están instaladas en una estructura metálica, la misma que está ubicada en la comunidad de San José Alto en la casa del usuario Manuel De La Torre.

Figura 21

Fotografía del nodo secundario San José.



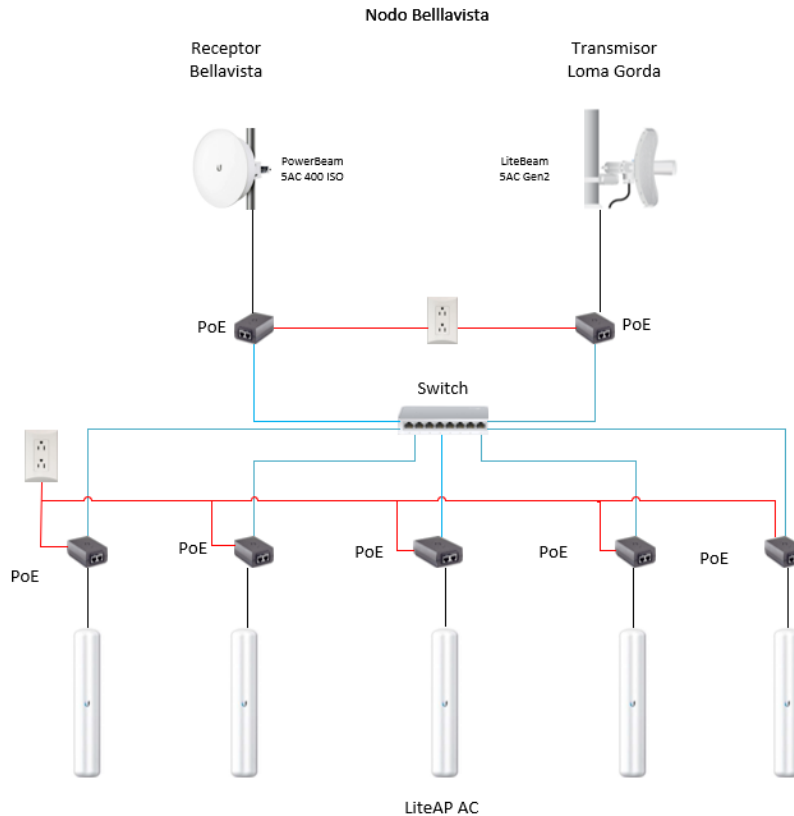
Fuente: Elaboración del autor.

3.1.1.2.3. Nodo Secundario Bellavista

La infraestructura de este nodo consta de un receptor (PowerBeam 5AC 400 ISO) de manera que capta la señal enviada por el transmisor del nodo principal y se conecta a un switch que asigna los recursos a las antenas sectoriales y a una antena transmisora (LiteBeam 5AC Gen2) que conecta al nodo secundario Loma Gorda como se detalla en la Figura 22.

Figura 22

Diagrama de arquitectura del nodo secundario Bellavista.

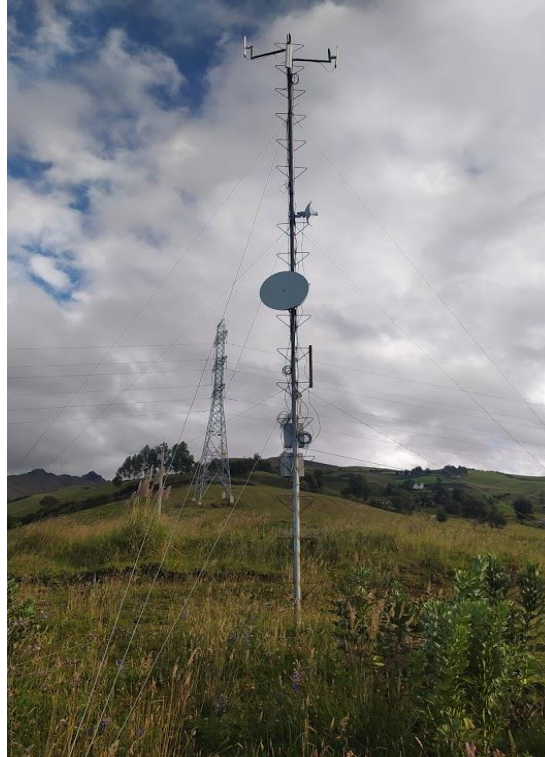


Fuente: Elaboración del autor.

En la Figura 23 se puede evidenciar que todas las antenas están instaladas en una estructura metálica, la misma que está ubicada en la comunidad Bellavista a 70 metros de la vivienda del señor Gerardo Cabascango la cual proporciona energía eléctrica para la alimentación del nodo.

Figura 23

Fotografía del nodo secundario Bellavista.



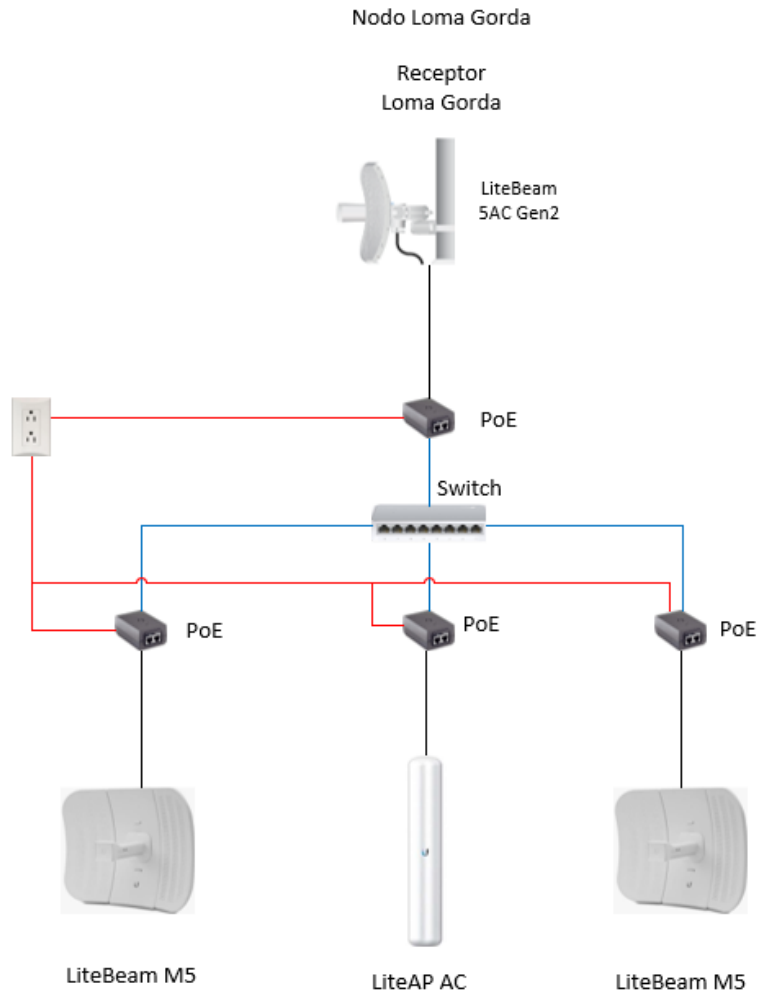
Fuente: Elaboración del autor.

3.1.1.2.4. Nodo Secundario Loma Gorda

Este nodo consta de un receptor (LiteBeam 5AC Gen2), que capta la señal del transmisor del nodo Bellavista de la misma manera que conecta a un switch creando una red de área local con 3 antenas sectoriales como se muestra en el diagrama de la Figura 24, conectadas llegando a cubrir toda la zona con el objetivo de brindar acceso a internet.

Figura 24

Diagrama del nodo secundario Loma Gorda.



Fuente: Elaboración del autor.

En la Figura 25 se puede evidenciar que todas las antenas que están instaladas en una estructura metálica, la misma que está ubicada en la comunidad Loma Gorda en la fachada de la vivienda del señor Manuel Inlago.

Figura 25

Fotografía del nodo secundario Loma Gorda.



Fuente: Elaboración del autor.

3.1.2. Situación Actual de clientes

En la actualidad, debido a la alta demanda de servicios de telecomunicaciones y al aumento de usuarios, la infraestructura de red actual presenta problemas de capacidad, generando inconvenientes en la velocidad de transmisión, provocando pérdida de señal o problemas de conexión. Otros de los problemas que se tiene es las interferencias ya que existen otras redes inalámbricas en el mismo sector que puede repercutir en la comunicación o, en casos extremos, a la pérdida de la comunicación inalámbrica.

En algunos casos se tiene problemas de cobertura por el relieve del sector lo que conlleva la existencia de puntos negros donde no hay cobertura. Con el tráfico actual de internet mediante la red de acceso de radio enlace existe la demanda y exigencia de parte de los clientes que requieren tasas más altas de velocidades de transmisión tanto de bajada y de subida para satisfacer sus necesidades de telecomunicaciones; con el servicio actual los clientes disponen de 4Mbps la cual está reflejado en el tráfico del router principal de marca Mikrotik como indica la Figura 26.

Figura 26

Velocidad límite de carga y descarga de los clientes.

#	Name	Target	Upload Max Limit	Download Max Limit	Packet Marks
34	LUZ MARIA ESPINSA CACHIMUEL	192.168.10.191	4M	4M	
68	ALEX DAVID CACUANGO CUASCOTA	192.168.20.22	4M	4M	
10	ALEX PAUL CASTRO GUASGUA	192.168.10.74	4M	4M	
48	ANGEL VINICIO FERNANDEZ FERNANDEZ	192.168.20.15	4M	4M	
40	BLANCA SUSANA CABASCANGO FERNANDEZ	192.168.10.204	4M	4M	
56	BRAYAN GUASGUA GUASGUA	192.168.10.184	4M	4M	
54	CLAUDIA MARITZA CUASCOTA CABASCANGO	192.168.20.2	4M	4M	
66	ECTOR ELIAS ULCUANGO PUJOTA	192.168.20.244	4M	4M	
23	EDGAR FERNANDEZ	192.168.10.132	4M	4M	
13	EDISON FERNANDEZ	192.168.10.93	4M	4M	
16	EDUARDO CEVALLOS DE LA TORRE	192.168.10.104	4M	4M	
9	ELSA SUSANA FERNANDEZ CATUCUAGO	192.168.10.72	4M	4M	
72	ERIKA GRACIELA SANCHEZ CUASCOTA	192.168.20.5	4M	4M	
42	ERIKA MARGOT DE LA TORRE CACUANGO	192.168.10.212	4M	4M	
49	FANY MARISOL SANCHEZ CATUCUAGO	192.168.20.11	4M	4M	
17	HERNAN RODRIGO CABASCANGO CABASCANGO	192.168.10.105	4M	4M	
47	JESSEÁ VERONICA CUASCOTA PUJOTA	192.168.20.19	4M	4M	
57	JESUS GERMAN GUERRERO CHACHALO	192.168.10.186	4M	4M	
28	JOFFRE ALEXANDER CUASCOTA	192.168.10.147	4M	4M	
31	JOSE ALONSO CABASCANGO CABASCANGO	192.168.10.200	4M	4M	
38	JOSE FRANKLIN INLAGO TERAN	192.168.10.202	4M	4M	
25	JOSE JULIAN FERNANDEZ	192.168.10.141	4M	4M	
52	JOSE MARIA QUILUMBAQUIN TOAPANTA	192.168.20.6	4M	4M	
32	KATERIN VELEN IMBAQUINGO CACUANGO	192.168.10.199	4M	4M	
78	LUIS ENRIQUE TERAN QUILUMBAQUIN	192.168.20.12	4M	4M	
37	LUIS GABRIEL CASTILLO CABASCANGO	192.168.10.201	4M	4M	
60	LUIS HERNESTO FERNANDEZ FERNANDEZ	192.168.10.210	4M	4M	
27	LUIS NESTOR QUILO GONZA	192.168.10.145	4M	4M	
11	MANUEL DE LA TORRE	192.168.10.77	4M	4M	
64	MARIA ADELAIDA CACUANGO CUASCOTA	192.168.10.192	4M	4M	
24	MARIA COBASCANGO	192.168.10.140	4M	4M	
58	MARIA ESTHER ULCUANGO FERNANDEZ	192.168.10.174	4M	4M	
51	MARIA GERTRUDIS CABASCANGO FERNANDEZ	192.168.20.8	4M	4M	
36	MARIA YOLANDA TERAN QUILUMBAQUIN	192.168.10.119	4M	4M	
59	MARIELA MARISOL MAMALLACTA AGUINDA	192.168.10.177	4M	4M	
18	MARISOL ULCUANGO	192.168.10.110	4M	4M	

Fuente: (LYMNET, 2022)

La red actual no presenta confiabilidad y rendimiento suficiente debida a la interferencia producida y al limitado ancho de banda de los equipos de radio frecuencia que afecta la velocidad de transmisión y recepción de datos. La tendencia de los operadores ISP hoy en día y de LYMNET, es migrar su antiguo sistema de red de acceso de radio enlace por sistemas más robustos y confiables como son los sistemas de red de acceso mediante fibra óptica en la zona urbana y rural de la Parroquia Tabacundo del cantón Pedro Moncayo de tal manera que en el futuro se pueda suplir los requerimientos de los clientes como es la convergencia de los servicios de telecomunicaciones y competir con otras ISPs que en la actualidad ya operan en una red de acceso mediante fibra óptica.

3.1.3. Requerimientos del diseño

- **Tecnología**

El objetivo es brindar una solución tecnología a un problema de crecimiento de demanda de manera que permita soportar este incremento de usuarios durante los años próximos, así como la migración a la tecnología XG-PON de clientes cuya última milla de radio presenta limitaciones de capacidad y por último la posibilidad de captar nuevos clientes ya que en el último año se ha visto un aumento de demanda y donde otros operadores no tienen cobertura.

- **Cobertura de la red**

La cobertura es determinada de acuerdo con los sitios que tienen mayor concentración de clientes activos, y se ha dividido en tres fases a migrar y una fase de implementación la cual se muestra en la Figuras 27 y 28 respectivamente.

Las tres fases que se debe cubrir es todo el trayecto hasta llegar a cubrir las comunidades de la parroquia Tabacundo y una fase de implementación para brindar servicio al sector de Canamballe.

- **Primera fase:** Cubre el sector de María Dolores, Cochas y Nuevo San José.
- **Segunda fase:** Cubre las comunidades de San José Grande y San José Alto.
- **Tercera fase:** Cubre las comunidades de San Juan y Bellavista.
- **Cuarta fase:** Implementación de la red para cubrir el sector de Canamballe.

Figura 27

Área de cobertura desde la primera fase a la tercera fase de la red XG-PON



Fuente: Elaboración del autor en Google Earth.

Figura 28

Área de cobertura de la cuarta fase de la red XG-PON.



Fuente: Elaboración del autor en Google Earth.

La red diseñada debe ser escalable con una proyección para su futura expansión cubriendo con toda el área determinada y cumpliendo los requerimientos que se detalla en la Tabla 8.

Tabla 8

Requerimientos generales para el diseño de red.

Requerimientos	Parámetros
----------------	------------

Tecnología	Migrar de la red inalámbrica a una red de fibra óptica con tecnología XG-PON.
Ancho de banda	Ancho de banda que soporte los requerimientos de los usuarios y la misma que viene determinada por la tecnología a usarse.
Disponibilidad	La red debe estar siempre disponible y debe estar funcionando al 100% todo el tiempo.
Fiabilidad	La red no debe tener fallas, en caso de que las hubiera se debe reconocer el mismo mediante el diseño estructurado y brindar soluciones de manera inmediata.
Escalabilidad	Debe tener proyección para aumentar el área de cobertura y abarcar más número de usuarios.
Seguridad	Una red de fibra óptica se considera la más segura frente a otros medios de transmisión de datos, ya que la integridad de los datos es prácticamente garantizada.

Fuente: Elaboración del autor.

3.2.Fase I: Diseño lógico de la red

Se determina las consideraciones del diseño de la red FTTH la cual comprenderán de la topología de red que se emplea a utilizar para el despliegue de la red de fibra óptica, la demanda de clientes, así como los elementos de compartición óptica, cálculos respectivos de ancho de banda, determinación de cable óptico y la descripción referencial de ubicación de los componentes de red FTTH.

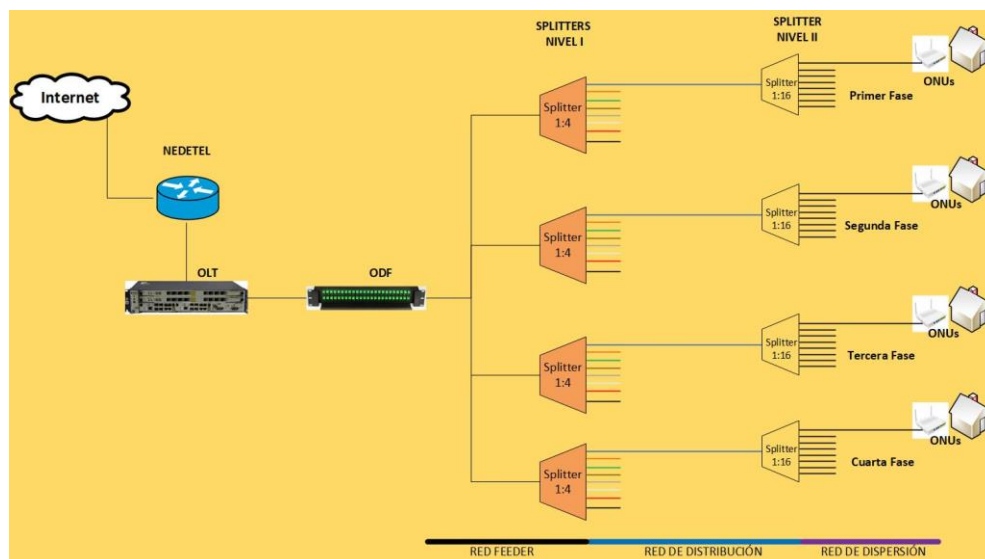
3.2.1. Determinación de topología de red.

En la Figura 29 se muestra una red de fibra óptica basada en una topología de árbol para reemplazar la tecnología de la red actual, tiene como importante ventaja la simplicidad de la red que es a un solo hilo. Es decir, por un hilo de fibra óptica se trasmite los datos desde el equipo

central OLT lo cual cuenta con un distribuidor de fibra óptica (ODF) dando salida a la red externa aérea, llegando a cada uno de las cajas de distribución de primer nivel de splitter que tiene como finalidad divide la potencia para cada uno de los cajas de dispersión de segundo nivel de splitter, finalmente de estos saldrán los hilos de fibra óptica que conectan a las ONUs en los diferentes domicilios de los usuarios finales.

Figura 29

Diseño topológico de la red



Fuente: Elaboración del autor.

La topología de árbol facilita el mantenimiento e identificación de fallas lo que permite obtener un ahorro económico en los materiales y elementos, por otra parte, los equipos terminales son sencillos y fáciles de instalar y configurar.

3.2.2. Demanda de clientes

LYMNET cuenta con 207 clientes activos existentes en toda su red inalámbrica las cuales están dispersos en todas las fases de migración, se indica en la Tabla 9 la cantidad de clientes activos de acuerdo con su ubicación y asociado a una fase que va a cubrir con la red FTTH.

Tabla 9

Cantidad y porcentaje de clientes.

Zona	Número de clientes	Porcentaje
Primera fase	42	20,29%
Segunda fase	82	39,61%
Tercera Fase	65	31,40%
Nodo Loma Gorda	18	8,70%
Fase no definido		
Total	207	100%

Fuente: Elaborado por el autor

Tomando en cuenta los clientes actuales 207 y la tasa de crecimiento a nivel cantonal que es del 2,88% según los datos proporcionado por el INEC en el año 2010, lo que significa que aumenta proporcionalmente lo mismo en cada periodo de tiempo. Entonces para calcular el número de clientes estimado en 10 años, se utiliza la Ecuación 3 denominado método matemático de crecimiento geométrico.

$$Df = Do * (1 + i)^n \quad \text{Ecuación [3]}$$

Donde:

- Df = Demanda Final
- Do = Demanda inicial (207)

- i = Índice de crecimiento anual (2.88%)
- n = Tiempo de proyección estimado (10 años)

$$Df = 207 * (1 + 0,0288)^{10}$$

$$Df = 274.96 \approx 275$$

Por tanto, la red FTTH con tecnología XGPON debe tener la capacidad de cubrir la demanda de 275 clientes existente en los próximos 10 años.

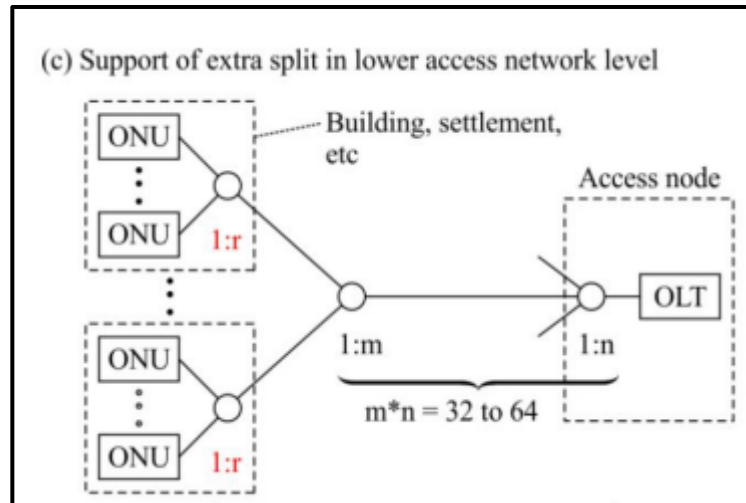
3.2.3. Determinación de divisor óptico

La red FTTH opera mediante un medio compartido, de tal manera que se tiene que compartir la señal que proviene del puerto PON de la OLT entre múltiples usuarios. Un splitter es un divisor óptico la cual se encarga de dividir y distribuir la señal de un hilo de fibra óptica a múltiples fibras dirigidas al usuario final. Se puede tener diferentes niveles de splitting de acuerdo con la Recomendación ITU-T G.987.1 el nivel de divisor óptico debe proporcionar una configuración de divisores flexibles y soporte eficiente.

En este diseño se ha optado realizar 2 niveles de splitting; el primer nivel de 1:4, es decir de un hilo de fibra óptica se va a tener 4 divisiones de la señal y el segundo nivel de 1:16 divisores de señales. La Figura 30 muestra la arquitectura que se va a emplear en el despliegue de la red.

Figura 30

Soporte de división adicional en el nivel de red de acceso inferior.



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

El splitter de primer nivel se encuentra entre la red feeder y la caja de distribución, el splitter de segundo nivel esta entre la caja de dispersión y el usuario final. Es decir, se tiene una relación 1:64, por cada hilo de fibra óptica se puede abarcar a 64 clientes que es la mínima cantidad de líneas ópticas que la recomendación ITU-T G.987.1 establece para la tecnología XG-PON.

3.2.4. Determinación de ancho de banda

Según la (Recommendation ITU-T-G.987.2, 2020) las subcategorías de la tecnología XG-PON es XG-PON1 y XG-PON2, cada una de estas clases hace referencia al ancho de banda que posee. De acuerdo con las características de la tecnología XG-PON1 detallada en la Tabla 10, se debe considerar el ancho de banda disponible en cada puerto PON de 2,48 Gbps para subida y 9.95 Gbps para bajada; entonces estos valores se comparten entre todos los clientes

conectados a un mismo puerto PON. Por tanto, el ancho de banda por cliente para subida como para bajada se calcula mediante la Ecuación 4.

Tabla 10

Características fundamentales de la tecnología XG-PON1

Características de la tecnología XG-PON1		
Velocidad máxima	Subida	2,48Gbps
	Bajada	9.95Gbps
Nivel de splitters	1:256	
Longitud de onda central	subida	1577 nm
	Bajada	1270 nm
Distancia máxima de transmisión	60 km	
Distancia máxima diferencial.	20km – 40 km	

Fuente: (Recommendation ITU-T-G.987.2, 2020)

$$AB = AB(XGPON) * NIVEL DE SPLITTER \quad \text{Ecuación [4]}$$

Ancho de banda de subida

- **Primer Nivel de splitters**

$$AB = 2,48Gbps * \frac{1}{4}$$

$$AB = 620 Mbps$$

- **Segundo nivel de splitters**

$$AB = 620Mbps * \frac{1}{16}$$

$$AB = 38.75 \text{ Mbps} \quad \text{Ecuación [5]}$$

Ancho de banda de bajada

- **Primer Nivel de splitters**

$$AB = 9.95 \text{ Gbps} * \frac{1}{4}$$

$$AB = 2,48 \text{ Gbps}$$

- **Segundo nivel de splitters**

$$AB = 2,5 \text{ Gbps} * \frac{1}{16}$$

$$AB = 155.46 \text{ Mbps} \quad \text{Ecuación [6]}$$

El ancho de banda de bajada determinada por la Ecuación 6 es mayor que el ancho de banda de subida determinada por la Ecuación 5, ya que la mayoría de las actividades que realiza el usuario es descarga de datos de internet.

3.2.5. *Determinación de cable y tendido de fibra óptica.*

Para el despliegue de toda la red FTTH con tecnología XG-PON se realizará mediante el tendido aéreo de tal manera se debe realizar la inspección detallada de las rutas y así evitar posibles inconvenientes al momento de la implementación de la red. Al referirse de tendido aéreo implica la utilización de postes, la cual se hace uso de los postes de la empresa EMELNORTE, previo a la utilización se realiza el estudio de postes disponibles según las rutas establecidas para la contratación de la estructura, y la empresa eléctrica determina la cantidad de postes a utilizar tomando en cuenta sus respectivos identificativos como muestra la Figura 31 y también está detallada en el ANEXO B para el despliegue y la ubicación de cajas NAPs.

Figura 31

Código identificativo de postes



Fuente: Elaboración del auto.

El cable de fibra óptica es un elemento fundamental en el diseño de la red, por tal razón existen diferente tipo de cable como se detalla en la Tabla 11 y estas deberá estar bajo norma técnicas reguladas.

Tabla 11

Comparación de cables ópticos para tendido aéreo.

Característica	Cables de fibra óptica para tendido aéreo.		
	OPGW	Figura 8	ADSS
Acceso a fibras ópticas	Difícil	Fácil	Fácil
Confiabilidad	Alta	Alta	Alta
Instalación en sistema nuevos	Simple	Simple	Simple
Instalación de sistema existente	Complejo	Simple	Simple

Mantenimiento	Difícil	Fácil	Fácil
Costo del cable	Alto	Medio	Bajo
Costo de instalación	Alto	Bajo	Bajo
Costo total del sistema	Alto	Medio	Bajo

Fuente: (Guzmán, 2018)

El tipo de cable de fibra óptica que se emplea en este caso se denomina ADSS (ALL-Dielectric Self-Supported) para instalaciones aéreas, esta fibra óptica tiene características de soporte a fuertes tensiones, son resistentes a la humedad y a cambios de temperatura de modo que no representa ningún problema en el tendido exterior con un alto número de fibra ópticas y puede ser beneficioso económicamente para el despliegue de fibra hasta el hogar y está determinada por la Recomendación ITU-T G.652D.

3.2.5.1. Recomendación ITU-T G.652

Según la (Recommendation ITU-T G.652, 2016) describe los parámetros geométricos, ópticos, de transmisión y mecánicos de cables de fibra óptica monomodo cuya dispersión cromática y longitud de onda de corte no este deslizada de la región de 1310 nm.

Dentro de la recomendación ITU-T G.652, de acuerdo con sus características de transmisión y baja atenuación la más recomendada es la ITU-T G.652.D ya que permite transmisiones en un rango de longitud de onda desde 1360 hasta 1530 nm, también son conocidas como fibra óptica ZWP (Zero Water Peak) debido a que los picos de atenuación causadas por los iones hidroxilo en longitudes de ondas cercanas a 1383 son eliminadas casi en su totalidad.

Todas estas características están detalladas en la Tabla 12.

Tabla 12*Característica de la fibra óptica monomodo G.652.D*

Atributo ITU-T G.652.D			
Atributo	Detalle	Valor	Unidad
Diámetro del campo modal	Longitud de onda	1310	Nm
	Rango de valores nominales	8.6 – 9.2	μm
	Tolerancia	-0.4	μm
Diámetro del revestimiento	Nominal	125	μm
	Tolerancia	-0.7	μm
Error de concentricidad del núcleo	Máximo	0.6	μm
No circularidad del revestimiento	Máximo	1.0	%
Longitud de onda de corte del cable	Máximo	1260	Nm
Pérdida de macroflexión	Radio	30	Mm
	Número de vueltas	100	
	Máximo a 1625 nm	0.1	Db
Tensión de prueba	Mínimo	0.69	GPa
Parámetros de dispersión cromática	λ _{min}	1300	Nm
	λ _{max}	1324	nm
	S _{max}	0.073	ps ^s /(nm ² * km)
	S _{min}	0.092	ps ^s /(nm ² * km)
Ajustes lineales	Mínimo a 1550 nm	13.3	ps ^s /(nm ² * km)
	Máximo a 1550 nm	18.6	ps ^s /(nm ² * km)
	Mínimo a 1625 nm	17.2	ps ^s /(nm ² * km)

Atributo	Detalle	Valor	Unidad
	Máximo a 1625 nm	23.7	ps/(nm ² * km)
Coeficiente de atenuación	Máximo de 1310 nm a 1625 nm	0.40	dB/km
	Máximo a 1383 nm+-3nm	0.40	dB/km
	Máximo a 1530-1565 nm	0.30	dB/km
Coeficiente PMD	M	20	cables
	Q	0.01	%
	PDM _{q max}	0.20	ps/√km

Fuente: (Recomendation ITU-T G.652, 2016)

3.2.5.2. Cálculo del cable para la red FEEDER

Para realizar el cálculo de numero de hilos del cable ADSS para el tendido aéreo de la red feeder se considera los siguientes parámetros las cuales se debe reemplazar en la Ecuación [7]:

$$\#HF = \frac{\# \text{usuarios totales existentes}}{\# \text{usuarios por puerto PON}} \quad \text{Ecuación [7]}$$

- Número Total de usuario 275 (Determinado en la demanda de clientes)
- Número de usuario por puerto PON 64 (Usuarios mínimos)

$$\#HF = \frac{275}{64}$$

$$\#HF = 4,29 \approx 4$$

$$\#HF = 4 \text{ Hilos de fibra óptica}$$

Para el despliegue de la red feeder es necesario un cable de fibra óptica ADSS de acuerdo con el cálculo obtenido, un cable ADSS de 4 hilos no es comercial, por tanto se opta a aproximar al cable más comercial y debido a la sectorización se va a requerir uno o dos hilos para cada fase

entonces, al cable ADSS de 6 hilos de fibra óptica cuenta con los requerimientos antes especificados la cual el diseño debe permitir la expansión de la red de acuerdo con el incremento poblacional por ende es necesario tener hilos de reservas para una proyección a futuro.

3.2.6. Descripción y ubicación de componentes de la red FTTH

De acuerdo las zonas delimitadas determinadas como fases a cubrir con la red FTTH, se colocan cada una de las cajas NAPs en los postes establecidos con el nivel de splitter correspondiente para cada fase, en la Tabla 13 se detalla la descripción de ellas los mismos que están detallado que número y color de hilo de fibra óptica le corresponde según el estándar TIA/EIA.

Tabla 13

Detalles de ubicación de cajas NAP de primer y segundo nivel.

Descripción de las Cajas NAPs					
NAPs de Primer Nivel					
Elemento	Denominación	Splitter	Número de fibras a utilizar	Descripción	Código poste
NAP#1	LYM1	1:4	1	Cubre la primera fase, está ubicada en el sector Cochas. Uso del primer hilo de fibra óptica de color azul.	No definido
NAP#2	LYM2	1:4	2	Cubre la segunda fase, está ubicada en la comunidad San José Grande. Caja con 2 Hilos. Uso del segundo y	Z1P1901

				tercer hilo de fibra óptica de color naranja y verde.	
NAP#3	LYM3	1:4	2	Cubre la tercera fase, está ubicada en la comunidad San Juan. Caja con 2 hilos. Uso del cuarto y quinto hilo de fibra óptica de color café y gris.	Z1P1868
NAP#4	LYM4	1:4	1	Implementación de la cuarta fase y está ubicada en el sector de canamballe. Uso del primer hilo de fibra óptica de color azul.	Z3P427

NAPs de Segundo Nivel

Primera fase

NAP#1	LYM1.1	1:16	Capacidad de 16 usuarios.	Ubicado en el sector de María Dolores. Uso del primer hilo de fibra óptica de color azul.	C3P296
NAP#2	LYM1.2	1:16	Capacidad de 16 usuarios.	Ubicado en el sector de Cochas zona 3. Uso del primer hilo de fibra óptica de color azul.	Z1P5470
NAP#3	LYM1.3	1:16	Capacidad de 16 usuarios.	Ubicado en el sector de Cochas zona 1. Uso del primer hilo de fibra óptica de color azul.	Z1P5405
NAP#4	LYM1.4	1:16	Capacidad de 16 usuarios.	Ubicado en la comunidad Nuevo San José. Uso del	Z1P1747

segundo hilo de fibra óptica
de color naranja.

Segunda fase

NAP#1	LYM2.1	1:16	Derivado del hilo naranja.	Ubicado en la comunidad San José Grande vía principal. Uso del primer hilo de fibra óptica de color azul.	Z1P1895
NAP#2	LYM2.2	1:16	Derivado del hilo naranja.	Ubicado en la comunidad San José Grande junto a la Escuela Francisco Robles. Uso del segundo hilo de fibra óptica de color naranja.	Z1P1788
NAP#3	LYM2.3	1:16	Derivado del hilo naranja.	Ubicado en la comunidad San José Grande bajo el canal de riego. Uso del tercer hilo de fibra óptica de color verde.	Z1P1768
NAP#4	LYM2.4	1:16	Derivado del hilo naranja.	Ubicado en la comunidad San José Grande. Uso del primer hilo de fibra óptica de color azul.	Z1P1938
NAP#5	LYM2.5	1:16	Derivado del hilo verde.	Ubicado en la comunidad San José Alto junto a la empresa Paradise Roses. Uso del segundo hilo de fibra óptica de color naranja.	Z1P2056
NAP#6	LYM2.6	1:16	Derivado del hilo verde.	Ubicado en la comunidad San José Alto junto a la casa comunal. Uso del tercer hilo	Z1P2048

				de fibra óptica de color verde.	
NAP#7	LYM2.7	1:16	Derivado del hilo verde.	Ubicado en la comunidad San José Alto en el sector La Loma. Uso del cuarto hilo de fibra óptica de color café.	No definido
NAP#8	LYM2.8	1:16	. Derivado del hilo verde.	Ubicado en la comunidad San José Alto en el sector La Loma. Uso del quinto hilo de fibra óptica de color gris.	No definido
Tercera fase					
NAP#1	LYM3.1	1:16	Derivado del hilo café.	Ubicado en la comunidad San Juan en la entrada de la empresa Rosa Nova. Uso del primer hilo de fibra óptica de color azul.	Z1P3534
NAP#2	LYM3.2	1:16	Derivado del hilo café.	Ubicado en la comunidad San Juan en el sector San Vicente. Uso del primer hilo de fibra óptica de color azul.	Z1P1843
NAP#3	LYM3.3	1:16	Derivado del hilo café.	Ubicado en la comunidad San Juan en el sector San Vicente. Uso del primer hilo de fibra óptica de color azul.	No definido.
NAP#4	LYM3.4	1:16	Derivado del hilo café.	Ubicado en la comunidad San Juan en el sector Alicia. Uso del primer hilo de fibra óptica de color azul.	No definido
NAP#5	LYM3.5	1:16	Derivado del hilo gris	Ubicado en la comunidad San Juan. Uso del primer	Z1P1890

				hilo de fibra óptica de color azul.	
NAP#6	LYM3.6	1:16	Derivado del hilo gris	Ubicado en la comunidad Bellavista en el sector 2. Uso del segundo hilo de fibra óptica de color naranja.	Z1P2019
NAP#7	LYM3.6	1:16	Derivado del hilo gris	Ubicado en la comunidad Bellavista en el Sector 1. Uso del tercer hilo de fibra óptica de color verde.	Z1P2005
NAP#8	LYM3.6	1:16	Derivado del hilo gris	Ubicado en la comunidad Bellavista en el Sector 3. Uso del cuarto hilo de fibra óptica de color café.	No definido
Cuarta Fase					
NAP#1	LYM4.1	1:16	Capacidad de 16 usuarios.	Ubicado en el Sector San Luis de Ichisí diagonal al estadio. Uso del primer hilo de fibra óptica de color azul.	Z3P5541
NAP#2	LYM4.2	1:16	Capacidad de 16 usuarios.	Ubicado en el Sector San Luis de Ichisí. Uso del primer hilo de fibra óptica de color azul.	N3P30
NAP#3	LYM4.3	1:16	Capacidad de 16 usuarios.	Ubicado en el Sector San Luis de Ichisí. Uso del segundo hilo de fibra óptica de color naranja.	Z3P469
NAP#4	LYM4.4	1:16	Capacidad de 16 usuarios.	Ubicado en el Sector San Luis de junto a la empresa Asitroflor. Uso del tercer	No definido

hilo de fibra óptica de color verde.

Fuente: Elaboración del autor.

3.3.Fase III: Diseño físico de la red

En esta fase se con ayuda de un software se realiza la propuesta del diseño para el despliegue de la red FTTH con la tecnología planteada y las consideraciones determinadas en el diseño lógico.

3.3.1. Software de diseño de red FTTH

El software de diseño RedFTTH brinda un sistema organizado para una mejor visualización de la información en tiempo real, ya que es una plataforma digital confiable alojada en la nube, lo que permite realizar un diseño eficiente de las redes de arquitectura FTTH y facilidad de uso (RedFTTH, 2022). Tiene una interfaz interactiva de uso y presenta grandes beneficios como se detalla en la Tabla 14.

Tabla 14

Beneficios que ofrece el software RedFTTH.

Software RedFTTH	
Característica	Beneficios
Agregar Marcadores	Los marcadores al agregar al diseño se pueden modificar y determinar según la conveniencia de uso y son editables con sus propios datos.
Agregar rutas	Todas las rutas pueden ser diferentes, ya que cada una se puede identificar por su color único elegido por el diseñador de la red, y el software cuenta la cantidad

	de rutas agregadas para determinar la longitud en metros de cable de fibra óptica requerida.
Agregar reservas	Longitud determinada de fibra óptica que se usa en caso de ruptura de la misma.
Agregar mangas	Las mangas se pueden agregar donde existen derivaciones o fusión de fibras ópticas para continuar su recorrido y es determinado por la propia simbología grafica del software.
Agregar NAPs	Las NAPs pueden ser determinadas según su nivel de splitters y se puede describir el número de puertos que va a tener cada NAP y la numeración y color de hilo de fibra óptica que se utiliza en cada una de las NAPs y esto es distinto de acuerdo con la notación gráfica que brinda el propio software.
Agregar ONUs	Determina donde se va a situar el cliente final y se describir los datos necesarios de dicho cliente.

Fuente: Elaboración del autor

Al usar este software RedFTTH se podrá beneficiar de todas las mejores características esenciales que se muestra en la Figura 32.

Figura 32

Características del software RedFTTH.



Fuente: (RedFTTH, 2022)

Al momento de crear una cuenta en la plataforma del software, este le brinda un paquete gratis de registro de 15 días, terminado ese tiempo se debe adquirir los paquetes que muestra la Figura 33, en este caso, para el trabajo actual, y dependiendo de la zona de despliegue de la red se opta por adquirir el plan Standard que tiene un valor de \$6.97 por un mes ya que dicho plan ofrece el beneficio de agregar una cantidad máxima de 100 NAPs, rutas y marcadores.

Figura 33

Paquetes mensuales que ofrece el software RedFTTH.

Registrar Totalmente GRATIS Por 15 Días.

Standard	Premium <small>POPULAR</small>	ILIMITED
\$ 6.97 Mensual	\$ 9.97 Mensual	\$ 12.97 Mensual
✓ Agregar Rutas	✓ Agregar Rutas	✓ Agregar Rutas
✓ Agregar Marcadores	✓ Agregar Marcadores	✓ Agregar Marcadores
✓ Agregar NAPs	✓ Agregar NAPs	✓ Agregar NAPs
✓ Agregar Mangas	✓ Agregar Mangas	✓ Agregar Mangas
✓ Agregar Reservas	✓ Agregar Reservas	✓ Agregar Reservas
✓ Hasta 100 NAPs, Rutas, Marcadores	✓ Hasta 500 NAPs, Rutas, Marcadores	✓ ILIMITED NAPs, Rutas, Marcadores
✓ Soporte ONLINE	✓ Soporte ONLINE	✓ Soporte ONLINE
REGISTRAR AHORA!	REGISTRAR AHORA!	REGISTRAR AHORA!













Fuente: (RedFTTH, 2022)

3.3.2. Simbología general de los elementos

El software de diseño de RedFTTH brinda su propia simbología la cual se utilizará acorde a la red donde se desee desplegar. En la Tabla 15, se detalla los bloques de los elementos a utilizar en la red FTTH.

Tabla 15

Simbología general para el diseño físico de la red FTTH.

Simbología general de diseño de red FTTH	
Elemento	Símbolo
OLT	
NAP primer nivel	
NAP segundo nivel	
Reserva	
Manga	
ONUs	
Red Feeder	
Red distribución Fase 1	
Red distribución Fase 2	
Red distribución Fase 3	
Red distribución Fase 4	
Red Dispersión	

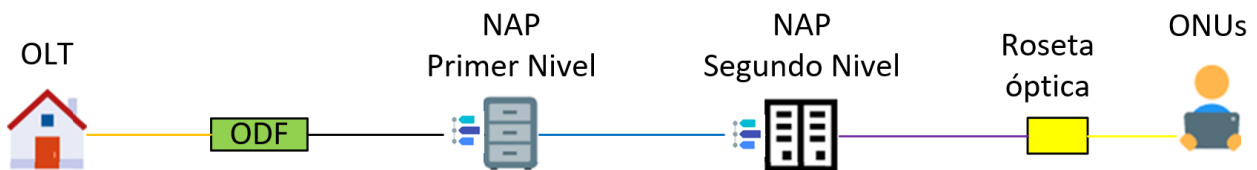
Fuente: Elaboración del autor.

En la Figura 34 muestra el modelo de la arquitectura red de acceso utilizando la simbología propuesta, la cual consiste principalmente en un terminal de línea óptico situado en la oficina central que esta interconectado a la red feeder la cual llega a las cajas de primer nivel

seguidamente se tiene una red de distribución la cual las NAPs de primer nivel distribuye la potencia hacia cada uno de las NAPs de segundo nivel y finalmente se tiene una red de dispersión que empieza en la NAPs de segundo nivel y tiene terminación en el usuario final.

Figura 34

Diagrama de la arquitectura FTTH.



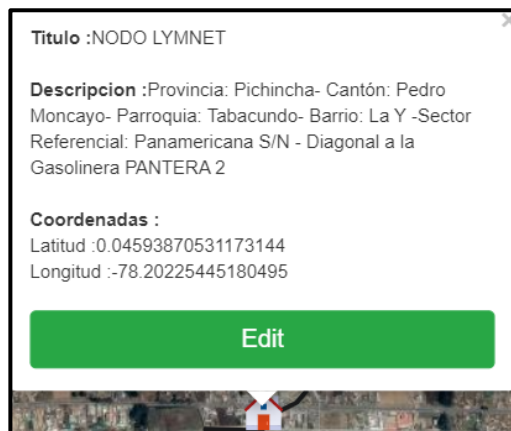
Fuente: Elaboración del autor.

3.3.3. Ubicación de la OLT

La OLT es el equipo mas importante dentro de la red XG-PON por lo que debe estar ubicado en un armario rack de la oficina central la cual se detalla su ubicación en la Figura 35.

Figura 35

Descripción y ubicación geográfica de la OLT.



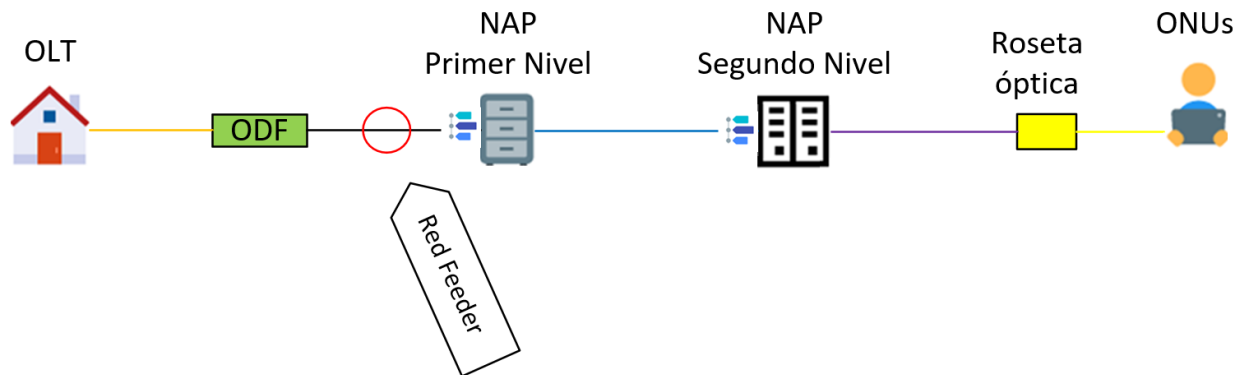
Fuente: (RedFTTH, 2022). Modificado por el autor.

3.3.4. Red feeder

La red feeder es la red principal, que va desde los racks de la oficina central donde está situada los elementos como la OLT y la ODF y llega hasta las derivaciones de primer nivel de splitters ópticos como se muestra en la Figura 36, la cual está conformado por un solo cable de fibra óptica que se encargan de alimentar las cajas de distribución. Para el diseño de la red feeder se realizó un levantamiento de información de las rutas y el posteo eléctrico existentes.

Figura 36

Red feeder en la arquitectura FTTH.



Fuente: Elaboración del autor.

Las consideraciones de criterio de diseño son:

- El despliegue de la red feeder de ser aérea.
- La red feeder deben ser estructurados de acuerdo con el estándar ITU-T G.652D que considerando el cable de fibra óptica ADSS de 6 hilos para el estudio realizado.
- Tener un hilo de reserva por cada una de las sectorizaciones.
- Para las derivaciones seguir el código de colores de acuerdo con la normativa EIA/TIA 598-C, tanto para buffers como hilos de fibra.

- Realizar cálculos de reserva de fibra óptica mediante la Ecuación [8] que se detalla a continuación.

$$dr = dm * 0,05 \quad \text{Ecuación [8]}$$

3.3.4.1. Primera fase

Esta fase debe cubrir el sector de María Dolores, Cochas y Nuevo San José. Una vez determinado el trayecto y la infraestructura de postes detallado en el ANEXO B del presente documento se establece la distancia del recorrido del cable de fibra óptica desde la OLT y se despliega por la panamericana norte vía Tabacundo Cajas hasta el sector cochas donde se sitúa la primera caja NAP denominado LYM1 como se detalla en la Figura 37.

Según la normativa de la Corporación Nacional de Telecomunicaciones (CNT, 2012) en la instalación de la fibra óptica se debe dejar reservas de 30 metros cada 500 metros de tendido, de tal manera que para la primera fase de la red feeder se calcula la reserva que debe ser el 5% de la *dmf1* que corresponde a la distancia media de la primera fase. La distancia necesaria que se requiere para esta fase como reserva está determinada por la Ecuación [9].

$$drf1 = dmf1 * 0,05$$

$$drf1 = 2.328km * 0,05$$

$$drf1 = 0.1164 \approx 0.116 \text{ km} \quad \text{Ecuación [9]}$$

La Figura 37 muestra el recorrido de la red feeder de primera fase con sus respectivas reservas cada 500 metros, y se opta realizar 4 reservas específicas cada uno de 29 metros así cumpliendo con la longitud calculada en la Ecuación [9].

Figura 37

Diseño de la red feeder primera fase.



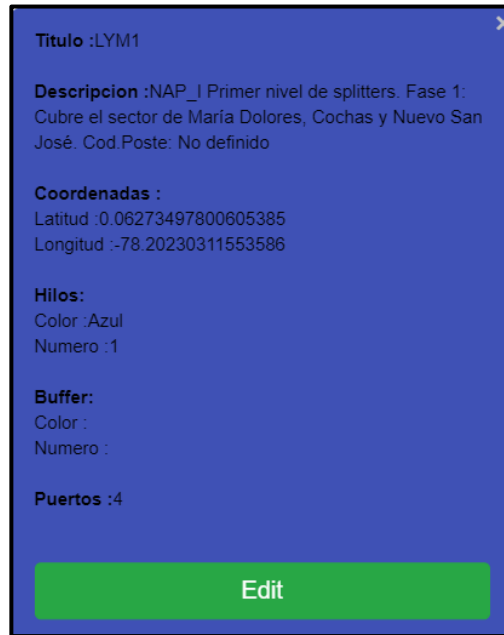
Nota: Izquierda, muestra el diseño de la red feeder desplegado para la primera fase en el mapa base determinado por el software. Derecha, muestra el diseño de la red feeder desplegado para la primera fase en el mapa geográfico. Fuente: (RedFTTH, 2022). Modificado por el del autor.

En la Figura 38 se detalla coordenadas y la descripción general de la caja NAP de primer nivel denominado LYM1 que cubre la primera fase que se sitúa en el sector las Cochas, dicho sector cuenta con sus propios postes la cuales no pertenecen a la empresa eléctrica EMELNORTE, por tal motivo el código del poste no es definido. Siguiendo la norma TIA-593-C

esta caja se alimenta mediante el primer hilo de fibra óptica de color azul y se realiza el splitteo 1:4, así teniendo cuatro puertos disponibles para alimentar a cuatro cajas NAPs de segundo nivel.

Figura 38

Descripción y coordenadas de la NAP de primer nivel que cubre la fase 1.



Fuente: (RedFTTH, 2022). Modificado por el autor.

Finalmente, en la Figura 39 se puede observar la descripción y ubicación de las reservas de fibra óptica las mismas que se dejará enrolladas provisionalmente en los postes correspondientes.

Figura 39

Descripción y coordenadas de reservas de la red feeder correspondiente a la primera fase.



Nota: Superior izquierda, describe la ubicación de la reserva de fibra óptica a 500 metros de la oficina de la OLT. Superior derecha, describe la ubicación de la reserva de fibra óptica a 500 metros de la reserva F1.1. Inferior izquierda, describe la ubicación de la reserva de fibra óptica a 500 metros de la reserva F1.2. Inferior derecha, describe la ubicación de la reserva de fibra óptica a 500 metros de la reserva F1.3. Fuente: (RedFTTH, 2022). Modificado por el autor.

3.3.4.2. Segunda Fase

Culminada con la primera fase se debe seguir el despliegue de la red feeder de la segunda fase que cubre las comunidades de san José Grande y San José Alto. EL trayecto de recorrido del cable de fibra óptica sigue desde la caja NAP denominado LYM1 y se despliega por la vía

principal Los Moteles-San José hasta llegar a la comunidad San José Grande donde se sitúa la segunda caja NAP de primer nivel denominado LYM2 como se detalla en la Figura 40.

De la misma manera, para la segunda fase de la red feeder se calcula la reserva que debe ser el 5% de la $dmf2$ que corresponde a la distancia media de la segunda fase. La distancia necesaria que se requiere para esta fase como reserva $drf2$ está determinada por la Ecuación [10].

$$drf2 = dmf2 * 0,05$$

$$drf2 = 2.515km * 0,05$$

$$drf2 = 0.125.75 \approx 0.126 \text{ km} \quad \textbf{Ecuación [10]}$$

La Figura 40 muestra el recorrido de la red feeder hasta la segunda fase con sus respectivas reservas cada 500 metros, y se opta realizar 4 reservas específicas cada uno de 30 y una reserva adicional a esta de 15 metros para la instalación de una manga de derivación para el despliegue de la red feeder a la tercera fase.

Figura 40

Diseño de la red feeder hasta la segunda fase.



Nota: Izquierda, muestra el diseño de la red feeder deslizado hasta la fase 2 en el mapa base determinado por el software. Derecha, muestra el diseño de la red feeder desplegado hasta la segunda fase en el mapa geográfico. Fuente: (RedFTTH, 2022). Modificado por el autor.

En la Figura 41 se detalla las coordenadas y la descripción general de la caja NAP de primer nivel denominado LYM2 que cubre la segunda fase que está situada en la comunidad San José Grande en el poste que tiene como código Z1P1901 perteneciente a la empresa eléctrica EMELNORTE. En esta caja NAP se dispone de dos hilos de fibra óptica, siguiendo la norma

TIA-593-C esta caja se alimenta mediante el segundo y tercer hilo de fibra óptica de color naranja y verde, de cada hilo se realiza el splitteo 1:4, así teniendo un total de ocho puertos disponibles para alimentar a 8 cajas NAPs de segundo nivel.

Figura 41

Descripción de la NAP de primer nivel que cubre la segunda fase.



Fuente: (RedFTTH, 2022). Modificado por el autor.

En la Figura 42 se puede observar la descripción y ubicación de las reservas de fibra óptica las mismas que se dejara enrolladas provisionalmente en los postes.

Figura 42

Descripción y coordenadas de reservas de la red feeder correspondiente a la segunda fase.



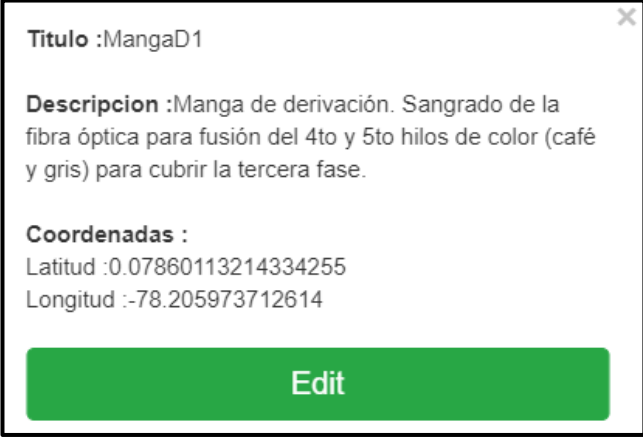
Nota: a) Superior izquierda, describe la ubicación de la reserva de fibra óptica a 500 metros de la caja de primer nivel LYM1. Superior derecha, describe la ubicación de la reserva de fibra óptica a 500 metros de la reserva F2.1. Inferior izquierda, describe la ubicación de la reserva de fibra óptica a 500 metros de la reserva F2.2. Inferior derecha, describe la ubicación de la reserva de fibra óptica en el poste donde está ubicada la caja de primer nivel LYM2. Fuente: (RedFTTH, 2022). Modificado por el autor.

Finalmente, en la Figura 43 se evidencia la descripción y coordenadas de la manga denominada MangaD1, donde se va a realizar la técnica del sangrado la cual permite la extracción del cuarto y quinto hilos de fibra óptica sin la necesidad de realizar un corte transversal y trincar

la continuidad de los demás hilos. Estos hilos de fibra óptica extraídos son destinados para la red feeder que va a cubrir la tercera fase.

Figura 43

Descripción y coordenadas de manga.



The image shows a screenshot of a data entry form for 'MangaD1'. The form has a white background and a black border. At the top right, there is a small 'x' icon. The form contains the following text:

Título :MangaD1

Descripción :Manga de derivación. Sangrado de la fibra óptica para fusión del 4to y 5to hilos de color (café y gris) para cubrir la tercera fase.

Coordenadas :
Latitud :0.07860113214334255
Longitud :-78.205973712614

At the bottom of the form, there is a green rectangular button with the text 'Edit' in white.

Nota: Manga de derivación para el despliegue de la tercera fase de la red feeder. (RedFTTH, 2022). Modificado por el autor.

3.3.4.3. Tercera Fase

Una vez terminada la segunda fase de la red feeder, la tercera fase empieza desde la manga denominado Manga D1 en la cual se va a realiza una derivación de la fibra óptica correspondiente para la tercera fase que cubre las comunidades de San Juan y Bellavista, el hilo a utilizar es el hilo número 4 y 5 que siguiendo el código de colores que corresponde al hilo de color café y gris respectivamente, de tal manera se realiza el tendido de la fibra hasta llegar a la caja NAP de primer nivel denominado LYM3 que está situada en la comunidad San Juan como se detalla en la Figura 44.

De la misma manera para esta fase de la red feeder se calcula la reserva que debe ser el 5% de la $dmf3$ que corresponde a la distancia de la tercera fase. La distancia necesaria que se requiere para esta fase como reserva $drf3$ está determinada por la Ecuación [11].

$$drf3 = dmf3 * 0,05$$

$$drf3 = 0.874km * 0,05$$

$$drf3 = 0.0437 \approx 0.044km \quad \textbf{Ecuación [11]}$$

La Figura 44 muestra el recorrido de la red feeder hasta la tercera fase con su respectiva reserva a 500 metros, y se opta realizar una reserva 2 reservas específicas una de 14 metros al inicio del recorrido y otra de 30 metros así cumpliendo con la longitud calculada en la Ecuación [11].

Figura 44

Diseño de la red feeder hasta la fase 3.




Nota: Izquierda, muestra el diseño de la red feeder desplegado para hasta la tercera fase en el mapa base determinado por el software. Derecha, muestra el diseño de la red feeder desplegado hasta la tercera fase en el mapa geográfico. Fuente: (RedFTTH, 2022). Modificado por el autor.

En la Figura 45 se detalla las coordenadas y la descripción general de la caja NAP de primer nivel denominado LYM3 que cubre la tercera fase que está situado en la comunidad San Juan, en el poste que tiene como código Z1P1868 perteneciente a la empresa eléctrica EMELNORTE. Esta caja NAP dispone de dos hilos de fibra óptica, siguiendo la normativa TIA-593-C la NAP LYM3 se alimenta mediante el cuarto y quinto hilo de fibra óptica de color café y

gris, de cada hilo se realiza el splitteo 1:4, así teniendo un total de ocho puertos disponibles para alimentar a 8 cajas NAPs de segundo nivel.

Figura 45

Descripción de la NAP de primer nivel que cubre la tercera fase.



The image shows a screenshot of a web-based data entry form for a Network Access Point (NAP). The form has a dark brown background and a white border. At the top right, there is a small 'x' icon for closing the window. The form contains several sections with labels in bold and their corresponding values:

- Titulo :**LYM3
- Descripcion :**NAP_I Primer Nivel de splitters. Fase 3:
Cubre las comunidades de San Juan y Bellavista.
Número de hilos en caja 2 (Café y Gris) Cod.Poste:
Z1P1868
- Coordenadas :**
Latitud :0.08453509698722461
Longitud :-78.20409407801365
- Hilos:**
Color :Cafe
Numero :4
- Buffer:**
Color :
Numero :
- Puertos :**8

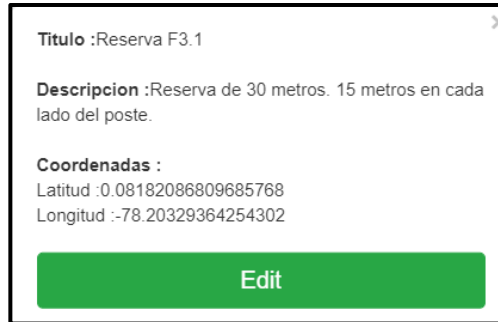
At the bottom of the form, there is a green button with the text "Edit" in white.

Fuente: (RedFTTH, 2022). Modificado por el autor.

Finalmente, en la Figura 45 se puede observar la descripción y ubicación de la reserva de fibra óptica la misma que se deja enrollada provisionalmente en el poste correspondiente.

Figura 46

Descripción y coordenadas de reserva de la red feeder correspondiente a la tercera fase.



The image shows a screenshot of a data entry form with the following content:

- Título :** Reserva F3.1
- Descripcion :** Reserva de 30 metros. 15 metros en cada lado del poste.
- Coordenadas :**
 - Latitud : 0.08182086809685768
 - Longitud : -78.20329364254302
- A green button labeled "Edit" is located at the bottom of the form.

Nota: Descripción y ubicación de la reserva de fibra óptica a 500 metros partiendo de la manga de derivación MF1. Fuente: (RedFTTH, 2022). Modificado por el autor.

3.3.4.4. Cuarta fase

Esta fase va a ser implementada para brindar servicio de internet al sector de canamballe, por ende, la red feeder es una red troncal individual que partes desde la OLT desplazándose por la vía principal hacia el sector San Luis de Ichisí llegando a la caja NAP de primer nivel denominado LYM4 como se detalla en la Figura 47.

De la misma manera para esta fase de implementación de la red feeder se calcula la reserva que debe ser el 5% de la $dmf4$ que corresponde a la distancia de la cuarta fase. La distancia necesaria que se requiere para esta fase como reserva $drf4$ está determinada por la Ecuación [12].

$$drf4 = dmf4 * 0,05$$

$$drf4 = 2.021km * 0,05$$

$$drf4 = 0.101 km \quad \text{Ecuación [12]}$$

La Figura 47 muestra el recorrido de la red feeder perteneciente a la cuarta fase con sus respectivas reservas cada 500 metros, y se opta realizar 4 reservas específicas cada uno de 25 metros así cumpliendo con la longitud calculada en la Ecuación [12].

Figura 47

Diseño de la red feeder cuarta fase.



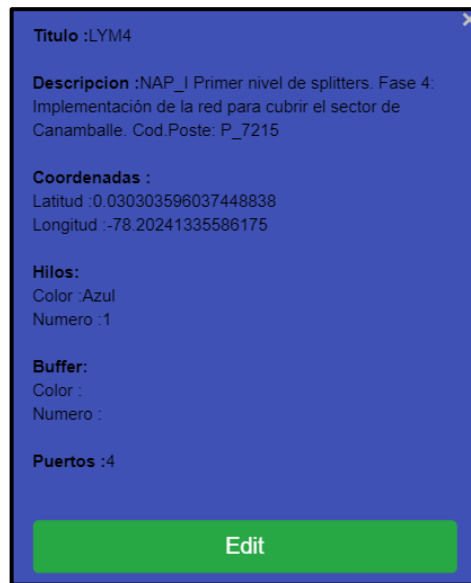
Nota: Izquierda, muestra el diseño de la red feeder desplegado para la cuarta fase en el mapa base determinado por el software. Derecha, muestra el diseño de la red feeder desplegado para la cuarta fase en el mapa geográfico. Fuente: (RedFTTH, 2022). Modificado por el autor.

En la Figura 48 se detalla coordenadas y la descripción general de la caja NAP de primer nivel denominado LYM4 que cubre la cuarta fase que se sitúa en el sector San Luis de Ichisí, en el poste que tiene como código referencial P_7215 la cuales a la empresa eléctrica

EMELNORTE. Siguiendo la norma TIA-593-C esta NAP LYM4 se alimenta mediante el primer hilo de fibra óptica de color azul y se realiza el splitteo 1:4, tasi teniendo cuatro puertos disponibles para alimentar a las cajas NAPs de segundo nivel correspondiente a esta fase.

Figura 48

Descripción de la NAP de primer nivel implementada para la cuarta fase.



Fuente: (RedFTTH, 2022). Modificado por el autor.

En la Figura 49 se puede observar la descripción y ubicación de las reservas de fibra óptica las mismas que se dejara enrolladas provisionalmente en los postes.

Figura 49

Descripción y coordenadas de reservas de la red feeder correspondiente a la cuarta fase.



Nota: Superior izquierda, describe la ubicación de la reserva de fibra óptica a 500 metros de la oficina central OLT. Superior derecha, describe la ubicación de la reserva de fibra óptica a 500 metros de la reserva F4.1. Inferior izquierda. Describe la ubicación de la reserva de fibra óptica a 500 metros de la reserva F4.2. Inferior derecha, describe la ubicación de la reserva de fibra óptica en el tramo final de la red feeder. Fuente: (RedFTTH, 2022). Modificado por el autor.

3.3.4.5. Resumen general de despliegue de la red feeder

La red feeder va a estar constituido por el cable de fibra óptica ADSS de 6 hilos vía aérea y es la encargada de alimentar las cajas NAPs de primer nivel denominado LYM1,LYM2, LYM3 y LYM4, para cada fase existe una ruta especifica de tal manera se tiene un total de 4 rutas que constituye todo el despliegue de la red feeder, también existe una manga de derivación,

13 reservas de fibra óptica de acuerdo a la normativa de la Corporación Nacional de Telecomunicaciones y la distancia media determinada por el software RedFTTH que es de 7738 metros, todo estos detalles se puede evidenciar en la Figura 50.

Figura 50

Detalles general de la red feeder.

Actions	Titulo	Total de Marcadores	Total de Rutas	Mangas Creadas	Reservas Creadas	Distancia Total de Rutas	NAP_I	NAP_II	ONT
>	 Red Feeder	19	4	1	13	7738 metros.	4	0	0

Fuente: (RedFTTH, 2022). Modificado por el autor.

La distancia media de toda la ruta de la red feeder se determina como Dt que corresponde a 7.738 km como se observa en la Figura 50, para calcular la distancia total de la red feeder se debe sumar la distancia media Dt más las reservas de cada fase de la red feeder, de tal manera que la Ecuación [13] determina la distancia total dF que se requiere para el despliegue de la red feeder que se puede observar en la Figura 51.

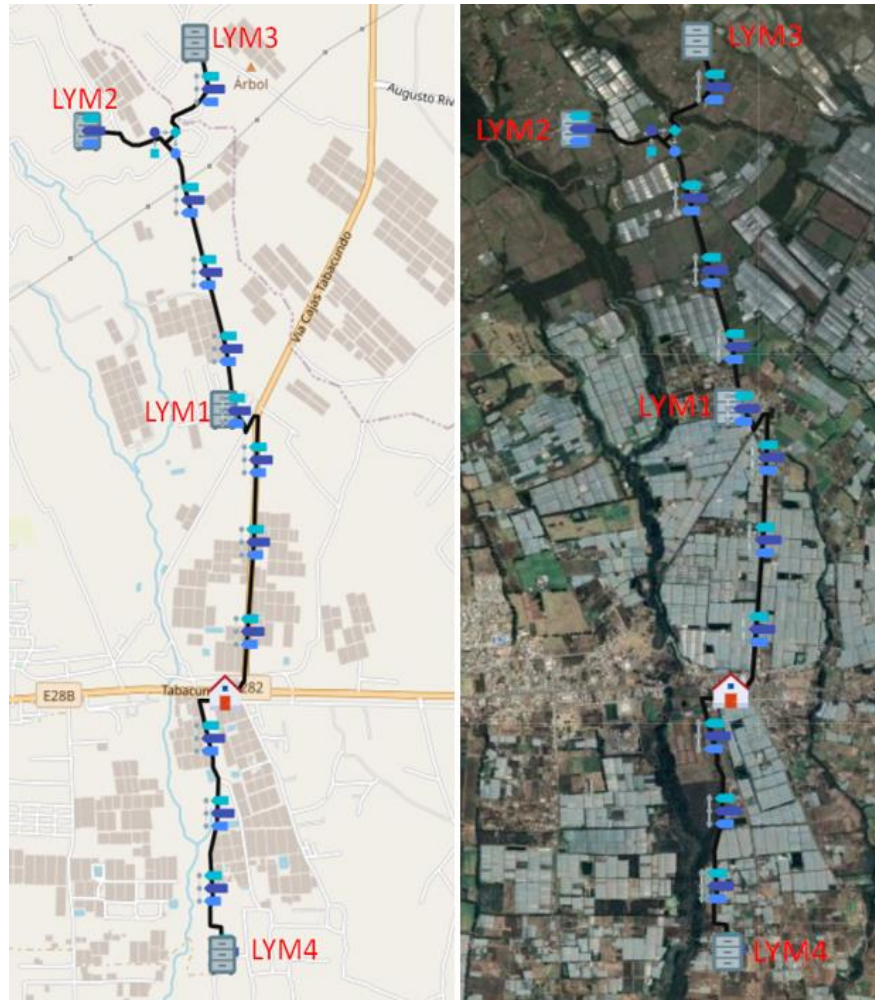
$$dF = Dt + drf1 + drf2 + drf3 + drf4$$

$$dF = 7.738 \text{ km} + 0.116\text{km} + 0.126\text{km} + 0.044 + 0.101\text{km}$$

$$dF = 8.125 \text{ km} \quad \text{Ecuación [13]}$$

Figura 51

Diseño completo de la red feeder.



Nota: Izquierda muestra el diseño de la red feeder general en el mapa base determinado por el software. Derecha, muestra el diseño de la red feeder general en el mapa geográfico. Fuente: (RedFTTH, 2022). Modificado por el del autor.

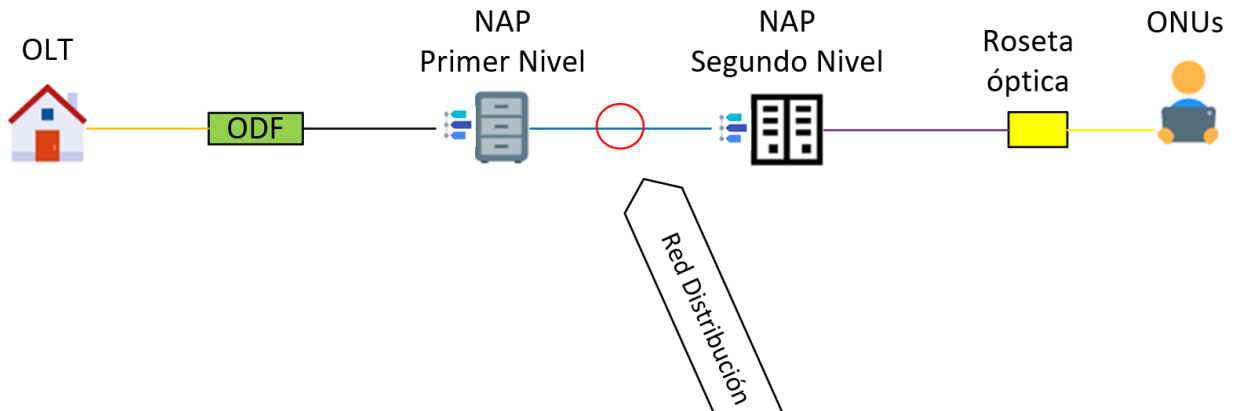
3.3.5. Red de distribución

Entendemos por red de distribución, a la red que está compuesta por los cables de fibra óptica que unen los dos niveles de división ópticos entre sí, es decir aquella que parte desde la

caja NAPs de primer nivel de splitters hacia cada una las cajas NAPs de segundo nivel de splitters, como se puede observar en la Figura 52.

Figura 52

Red de distribución en la arquitectura FTTH.



Fuente: Elaboración del autor.

Consideraciones de diseño:

- El despliegue de la red de distribución de ser aérea.
- La red de distribución debe ser estructurados de acuerdo con el estándar ITU-T G.652D considerando el cable de fibra óptica Mini ADSS de 6 hilos para el estudio realizado.
- Para las derivaciones seguir el código de colores de acuerdo con la normativa EIA/TIA 598, tanto para buffers como hilos de fibra.
- Realizar reserva de fibra óptica por cada caja NAP de segundo nivel de splitters.

3.3.5.1. Primera fase

Para alimentar las cajas NAPs de segundo nivel denominadas LYM1.1, LYM1.2, LYM1.3 y LYM1.4 correspondiente a esta fase se parte desde la NAP LYM1 que cuenta con un nivel se splitter de 1:4, la cual corresponde cada puerto a cada caja NAP de segundo nivel. La

NAP LYM1.1 está ubicado en el sector de Maria dolores, la NAP LYM 1.2 está ubicada en el sector Cochas zona 3, la NAP LYM1.3 está ubicada en el sector Cochas zona 2 y la NAP LYM1.4 está ubicada en la comunidad Nuevo San José como indica la Figura 53.

Según la normativa de la Corporación Nacional de Telecomunicaciones (CNT, 2012) en la instalación de la fibra óptica se debe dejar reservas de 30 metros cada 500 metros de tendido, de tal manera que para cada ruta desde la NAP principal hacia las secundarias se calcula la reserva que corresponde al 5% de la distancia media de cada ruta.

El trayecto desde la NAP LYM1 hasta la NAP de segundo nivel LYM1.1 es una ruta independiente. La distancia necesaria que se requiere de reserva $drLYM1.1$ está determinada por la Ecuación [14].

$$drLYM1.1 = dmLYM1.1 * 0,05$$

$$drLYM1.1 = 0.226km * 0,05$$

$$drLYM1.1 = 0.0113 \approx 0.011 \text{ km} \quad \text{Ecuación [14]}$$

De igual manera, el trayecto desde la NAP LYM1 hasta la NAP de segundo nivel LYM1.2 es una ruta independiente. La distancia necesaria que se requiere de reserva $drLYM1.2$ está determinada por la Ecuación [15].

$$drLYM1.2 = dmLYM1.2 * 0,05$$

$$drLYM1.2 = 0.210km * 0,05$$

$$drLYM1.2 = 0.0105 \approx 0.011 \text{ km} \quad \text{Ecuación [15]}$$

La ruta desde la NAP LYM1 hasta la NAP de segundo nivel LYM1.3 es solo un cable que abarca dos NAP de segundo nivel, de tal manera que esta NAP se alimenta mediante el primer hilo de color azul. La distancia necesaria que se requiere de reserva $drLYM1.3$ está determinada por la Ecuación [16].

$$drLYM1.3 = dmLYM1.3 * 0,05$$

$$drLYM1.3 = 0.143km * 0,05$$

$$drLYM1.3 = 0.00715 \approx 0.007 \text{ km} \quad \textbf{Ecuación [16]}$$

La ruta desde la caja NAP LYM1 hasta la NAP de segundo nivel LYM1.4 es un cable que abarca dos cajas NAP, esta caja se alimenta mediante el segundo hilo de color naranja. La distancia necesaria que se requiere de reserva $drLYM1.4$ está determinada por la Ecuación [17].

$$drLYM1.4 = dmLYM14 * 0,05$$

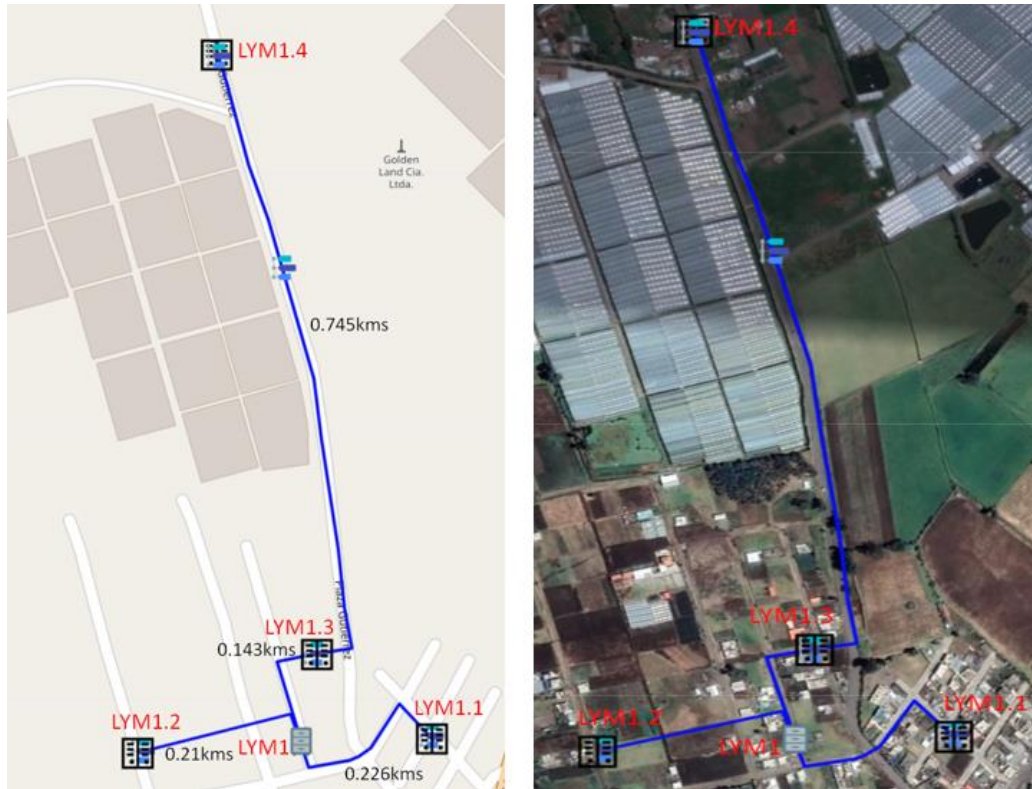
$$drLYM1.4 = 0.745km * 0,05$$

$$drLYM1.4 = 0.03725 \approx 0.037 \text{ km} \quad \textbf{Ecuación [17]}$$

La Figura 53 muestra todas las rutas de la red de distribución que partes desde la NAP de primer nivel hacia las NAPs de segundo nivel correspondiente a la primera fase con sus respectivas reservas.

Figura 53

Diseño de la red de distribución primera fase.



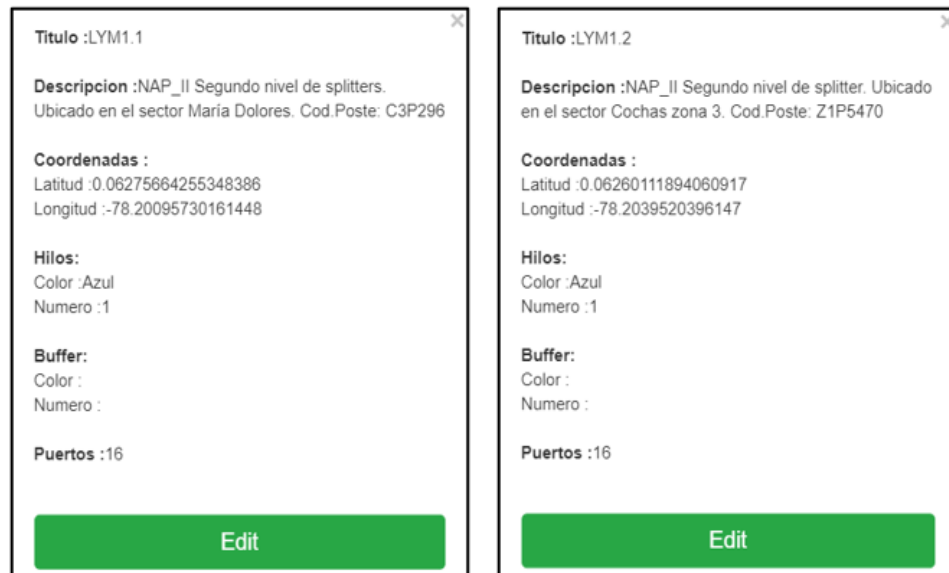
Nota: Izquierda, muestra el diseño de la red de distribución desplegado para la primera fase en el mapa base determinado por el software. Derecha, muestra el diseño de la red de distribución desplegado para la primera fase en el mapa geográfico. Fuente: (RedFTTH, 2022). Modificado por el autor.

En la Figura 54 se detalla las coordenadas y la descripción general de las cajas NAPs de segundo nivel denominadas LYM1.1 y LYM1.2, ubicados en los postes de código C3P296 y Z1P5470 respectivamente perteneciente a la empresa eléctrica EMELNORTE. Para estas cajas existen rutas distintas, de acuerdo con la norma TIA-593-C estas cajas se alimentan mediante el

primer hilo de fibra óptica de color azul y se realiza el splitteo 1:16, así teniendo dieciséis puertos disponibles para clientes finales.

Figura 54

Descripción y coordenadas de las NAPs de segundo nivel LYM1.1 y LYM1.2.



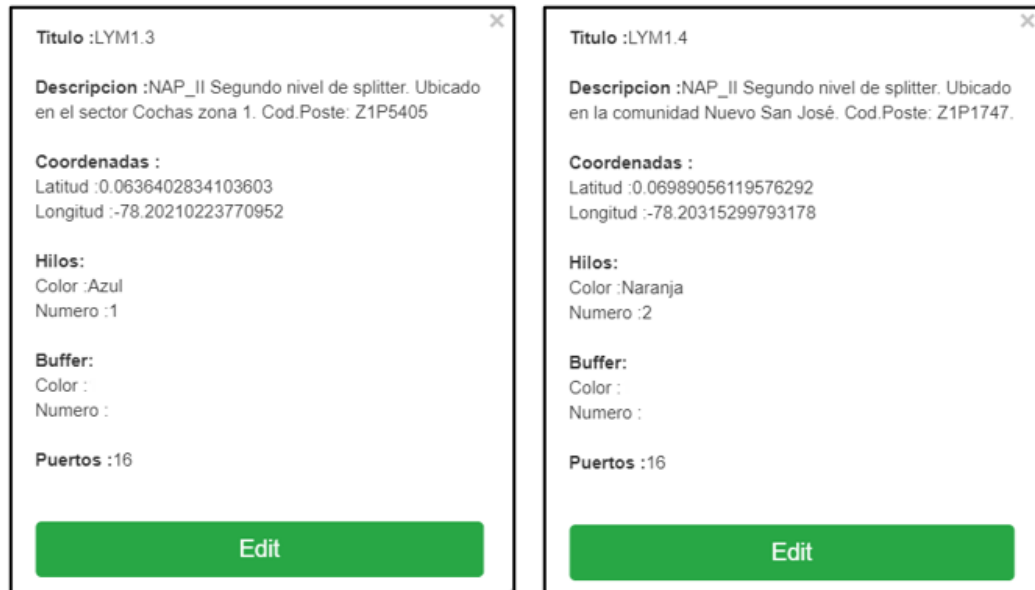
Nota: Izquierda, muestra la descripción y ubicación de la NAP de segundo nivel LYM1.1. Derecha, muestra la descripción y ubicación de la NAP de segundo nivel LYM1.2. Fuente: (RedFTTH, 2022). Modificado por el autor.

En la Figura 55 se detalla las coordenadas y la descripción general de las cajas NAPs de segundo nivel denominadas LYM1.3 y LYM1.4, ubicados en los postes de código Z1P5405 y Z1P1747 respectivamente perteneciente a la empresa eléctrica EMELNORTE. Para estas cajas existen el tendido de un cable que parte desde la NAP_I, acuerdo con la norma TIA-593-C la caja LYM1.3 alimentan mediante el primer hilo de fibra óptica de color azul, luego sigue el tendido de fibra óptica hacia la NAP LYM1.4 alimentándose mediante el segundo hilo de fibra

óptica de color naranja y en cada una de estas se realiza el splitteo 1:16, así teniendo dieciséis puertos disponibles para clientes finales.

Figura 55

Descripción y coordenadas de las NAPs de segundo nivel LYM1.3 y LYM1.4.



Nota: Izquierda, muestra la descripción y ubicación de la NAP de segundo nivel LYM1.3.

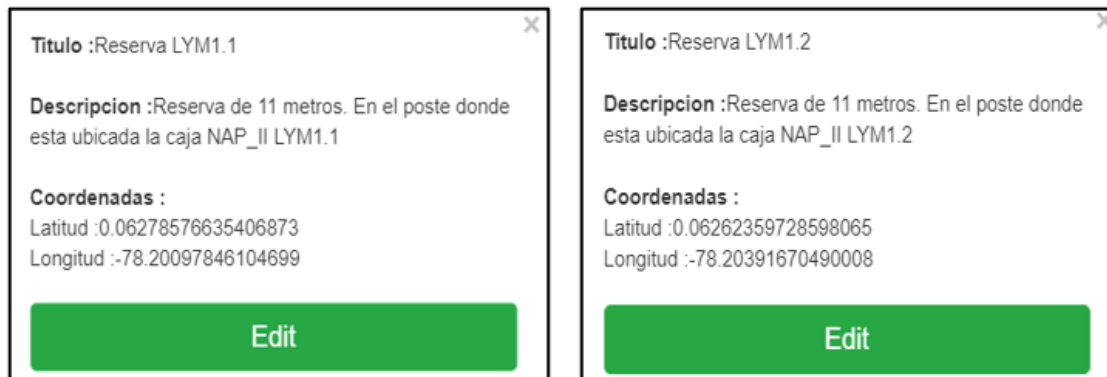
Derecha, muestra la descripción y ubicación de la NAP de segundo nivel LYM1.4. Fuente:

(RedFTTH, 2022). Modificado por el autor.

En la Figura 56 se puede visualizar la descripción y ubicación de las reservas de fibra óptica que se dejara enrollado provisionalmente en los costes correspondiente.

Figura 56

Descripción y coordenadas de reservas de las NAPs LYM1.1 y LYM1.2.



Nota: Izquierda, describe la ubicación de la reserva de fibra óptica donde está ubicada la caja NAP LYM1.1. Derecha, describe la ubicación de la reserva de fibra óptica donde está ubicada la caja NAP LYM1.2. Fuente: (RedFTTH, 2022). Modificado por el autor.

En la Figura 57 se observa la descripción y ubicación de las reservas de fibra óptica que se dejara enrollado provisionalmente en los costes correspondiente. Para la ruta de la NAP LYM1.4 se realiza dos reservas una de 20 metros a 500 metros de la caja NAP LYM1.3 y otra de 7 metros en el poste donde está situada la NAP LYM1.4.

Figura 57

Descripción y coordenadas de reserva de las NAPs LYM1.3 y LYM1.4.



Nota: Superior izquierda, describe la ubicación de la reserva de fibra óptica donde está ubicada la NAP LYM1.3 Superior derecha, describe la ubicación de la reserva de fibra óptica a 500 metros de la NAP LYM1.3. Inferior central, describe la ubicación de las reservas de fibra óptica donde está ubicada la NAP LYM1.4. Fuente: (RedFTTH, 2022). Modificado por el autor.

La red de distribución la cual va estar constituido por el cable de fibra óptica Mini ADSS de 6 hilos y está encargada de alimentar las NAPs de segundo nivel, para llegar a cada una de las NAPs existe una ruta especifica de tal manera se tiene 4 que en su totalidad constituye la red de distribución, también existe 5 reservas de fibra óptica de acuerdo a la normativa de la

Corporación Nacional de Telecomunicaciones, la distancia media determinada por el software RedFTTH que es de 1324 metros, todos estos detalles se puede evidenciar en la Figura 58.

Figura 58

Detalles generales de la red de distribución perteneciente a la primera fase.

Titulo	Total de Marcadores	Total de Rutas	Mangas Creadas	Reservas Creadas	Distancia Total de Rutas	NAP_I	NAP_II
F1							
Red Distribución F1	10	4	0	5	1324 metros.	1	4

Fuente: (RedFTTH, 2022). Modificado por el autor.

La distancia media de toda la ruta de distribución correspondiente a la primera fase Dt es 1.324 km como se observa en la Figura 58, para calcular la distancia total de la red de distribución se debe sumar la distancia media Dt más todas las reservas de fibra óptica de tal manera que la Ecuación [18] determina la distancia total $dD1$ que se requiere para el despliegue de la red de distribución.

$$dD1 = Dt + drLYM1.1 + drLYM1.2 + drLYM1.3 + drLYM1.4$$

$$dD1 = 1.324 \text{ km} + 0.011\text{km} + 0.011\text{km} + 0.007 + 0.037\text{km}$$

$$dD1 = 1.390\text{km} \quad \text{Ecuación [18]}$$

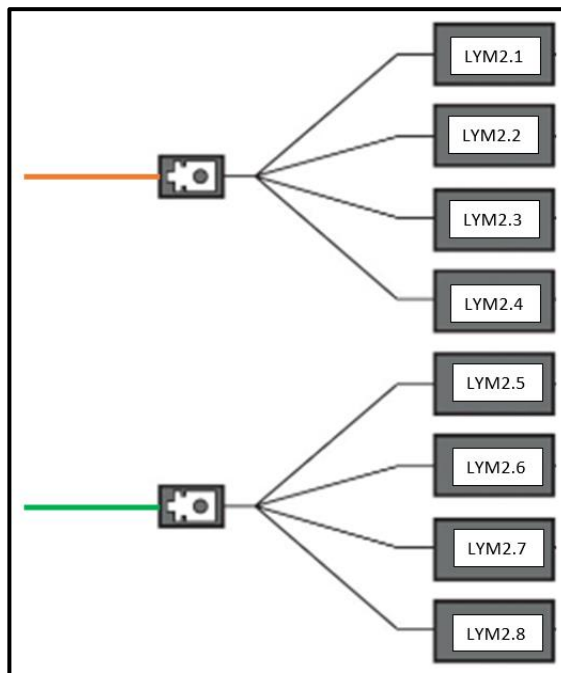
3.3.5.2. Segunda fase

Para alimentar las cajas de segundo nivel denominadas LYM2.1, LYM2.2, LYM2.3, LYM2.4, LYM2.5, LYM2.6, LYM2.7 y LYM2.8 correspondiente a la segunda fase parte desde

la NAP LYM2 que cuenta con dos hilos de fibra óptica y de cada hilo se realiza un splitter de 1:4, así teniendo 8 puertos la cual correspondería cada puerto para cada caja NAP de segundo nivel como se muestra en la Figura 59.

Figura 59

Diagrama de splitter 1:4 del segundo y tercer hilo de fibra óptica en la NAP LYM2.



Fuente: Elaboración del autor.

El trayecto desde la NAP LYM2 hasta la NAP LYM2.3 es un solo tendido del cable de fibra óptica la cual corresponde a 3 rutas tomando en cuenta las 3 cajas de segundo nivel que abarca este tendido de fibra. La primera ruta va desde la NAP LYM2 hasta la NAP LYM2.1 donde se realiza el primer sangrado del cable de fibra para extraer el primer hilo de fibra color azul, la distancia necesaria que se requiere de reserva $dr_{LYM2.1}$ está determinada por la Ecuación [19].

$$drLYM2.1 = dmLYM2.1 * 0,05$$

$$drLYM1.1 = 0.29km * 0,05$$

$$drLYM1.1 = 0.0145 \approx 0.015 \text{ km} \quad \text{Ecuación [19]}$$

De igual manera, la segunda ruta va desde la NAP LYM2.1 hasta la NAP LYM2.2 donde se realiza el segundo sangrado del cable de fibra óptica para extraer el segundo hilo de fibra color naranja, la distancia necesaria que se requiere de reserva $drLYM2.2$ está determinada por la Ecuación [20].

$$drLYM2.2 = dmLYM2.2 * 0,05$$

$$drLYM2.2 = 0.303km * 0,05$$

$$drLYM2.2 = 0.01515 \approx 0.015 \text{ km} \quad \text{Ecuación [20]}$$

Finalmente, la tercera ruta va desde la NAP LYM2.2 hasta la NAP LYM2.3 donde termina este trayecto y esta caja se alimenta mediante el tercer hilo de fibra óptica de color verde, la distancia necesaria que se requiere de reserva $drLYM2.3$ está determinada por la Ecuación [21].

$$drLYM2.3 = dmLYM2.3 * 0,05$$

$$drLYM2.3 = 0.432km * 0,05$$

$$drLYM2.3 = 0.0216 \approx 0.022 \text{ km} \quad \text{Ecuación [21]}$$

El trayecto que abarca la NAP LYM2.4, LYM2.5, LYM 2.6, LYM2.7 y LYM2.8 es un solo tendido del cable de fibra óptica la cual corresponde a 5 rutas tomando en cuenta las 5 cajas de segundo nivel que abarca este tendido de fibra. La primera ruta va desde la NAP LYM2 hasta

la NAP LYM2.4 donde se realiza el primer sangrado del cable de fibra para extraer el primer hilo de fibra color azul, la distancia necesaria que se requiere de reserva $drLYM2.4$ está determinada por la Ecuación [22].

$$drLYM2.4 = dmLYM2.4 * 0,05$$

$$drLYM2.4 = 0.416km * 0,05$$

$$drLYM2.4 = 0.0208 \approx 0.021 \text{ km} \quad \textbf{Ecuación [22]}$$

De la misma manera, la segunda ruta correspondiente al segundo trayecto va desde la NAP LYM2.4 hasta la NAP LYM2.5, en esta ruta se opta por dejar una manga para el sangrado del cable de fibra óptica para extraer el cuarto y quinto hilo que va a corresponder a la cuarta y quinta ruta del segundo trayecto, la distancia necesaria que se requiere de reserva $drLYM2.5$ está determinada por la Ecuación [23].

$$drLYM2.5 = dmLYM2.5 * 0,05$$

$$drLYM2.5 = 0.678km * 0,05$$

$$drLYM2.5 = 0.0339 \approx 0.034 \text{ km} \quad \textbf{Ecuación [23]}$$

La tercera ruta correspondiente al segundo trayecto va desde la NAP LYM2.5 hasta la NAP LYM2.6, la distancia necesaria que se requiere de reserva $drLYM2.6$ está determinada por la Ecuación [24].

$$drLYM2.6 = dmLYM2.6 * 0,05$$

$$drLYM2.6 = 0.378km * 0,05$$

$$drLYM2.6 = 0.0189 \approx 0.019 \text{ km} \quad \textbf{Ecuación [24]}$$

La cuarta ruta correspondiente al segundo trayecto parte desde la manga de sangrado donde se realiza la fusión del cuarto y quinto hilo de fibra óptica para abarcar las NAPs LYM2.7 y LYM2.8. la distancia que se requiere de reserva $drLYM2.7$ que va desde la manga de derivación hasta la NAP LYM2.7 está determinada por la Ecuación [25].

$$drLYM2.7 = dmLYM2.7 * 0,05$$

$$drLYM2.7 = 0.174km * 0,05$$

$$drLYM2.7 = 0.0087 \approx 0.009 \text{ km} \quad \textbf{Ecuación [25]}$$

Finalmente, la quinta ruta correspondiente al segundo trayecto parte desde la NAP LYM2.7 hasta la NAP LYM2.8, la distancia que se requiere de reserva $drLYM2.8$ está determinada por la Ecuación [26].

$$drLYM2.8 = dmLYM2.8 * 0,05$$

$$drLYM2.8 = 0.824km * 0,05$$

$$drLYM2.8 = 0.0412 \approx 0.041 \text{ km} \quad \textbf{Ecuación [26]}$$

La Figura 60 y 61 muestra todas las rutas de la red de distribución que parte desde la NAP de primer nivel hacia las NAPs de segundo nivel correspondiente a la segunda fase con sus respectivas reservas.

Figura 60

Diseño de red de distribución segunda fase (Mapa base)



Nota: Muestra el diseño de la red de distribución desplegado para la segunda fase en el mapa base determinado por el software. Fuente: (RedFTTH, 2022). Modificado por el autor.

Figura 61

Diseño de red de distribución segunda fase (Mapa geográfico).



Nota: Muestra el diseño de la red de distribución desplegado para la segunda fase en el mapa geográfico. Fuente: (RedFTTH, 2022). Modificado por el autor.

En la Figura 62 se detalla las coordenadas y la descripción general de las NAPs de segundo nivel denominadas LYM2.1, LYM2.2 y LYM2.3 ubicados en los postes de código

Z1P1895, Z1P1788 y Z1P1768 respectivamente pertenecientes a empresa eléctrica EMELNORTE. El trayecto que va desde la NAP LYM2 abarcando LYM2.1, LYM2.2, LYM2.3 está compuesta por 3 rutas correspondiente a cada NAPs de segundo nivel, de acuerdo con la normativa TIA-593-C la NAP LYM2.1 se alimenta mediante el primer hilo de fibra óptica de color azul, la NAP LYM2.2 se alimenta mediante el segundo hilo de fibra óptica de color naranja y la NAP LYM2.3 se alimenta mediante el tercer hilo de fibra óptica, en cada una de estas NAPs se realiza el splitteo 1:16, así teniendo dieciséis puertos disponibles para clientes finales.

Figura 62

Descripción y coordenadas de las NAPs de segundo nivel LYM2.1, LYM2.2 y LYM2.3

The figure displays three screenshots of data entry forms for second-level NAPs. Each form includes fields for title, description, coordinates, number of fibers, buffer, and number of ports, along with an 'Edit' button.

Form	Titulo	Descripcion	Coordenadas (Latitud, Longitud)	Hilos (Color, Numero)	Buffer (Color, Numero)	Puertos
Superior izquierda	LYM2.1	NAP_II Segundo nivel de splitters. Ubicado en la comunidad San José Grande vía principal. Cod.Poste: Z1P1895	0.07866885414340011, -78.20851877133727	Azul, 1	, 1	16
Superior derecha	LYM2.2	NAP_II Segundo nivel de splitters. Ubicado en la comunidad San José Grande frente a la Escuela Francisco Robles. Cod.Poste: Z1P1788	0.0785847674109448, -78.20599054082082	Naranja, 2	, 1	16
Inferior central	LYM2.3	NAP_II Segundo nivel de splitters. Ubicado en la comunidad San José Grande bajo el canal de riego. Cod.Poste:Z1P1768	0.07515947991493974, -78.20453593352187	Verde, 3	, 1	16

Nota: Superior izquierda, muestra la descripción y ubicación de la NAP de segundo nivel LYM2.1. Superior derecha, muestra la descripción y ubicación de la NAP de segundo nivel LYM2.2. Inferior central, muestra la descripción y ubicación de la NAP de segundo nivel LYM2.3. Fuente: (RedFTTH, 2022). Modificado por el autor.

En la Figura 63 se detalla las coordenadas y la descripción general de las NAPs de segundo nivel denominadas LYM2.4, LYM2.5 y LYM 2.6 ubicados en los postes de código Z1P1938, Z1P2056 y Z1P2048 respectivamente pertenecientes a la empresa eléctrica EMELNORE. El trayecto va desde la NAP LYM2 abarcando LYM2.4, LYM2.5, LYM2.6, LYM2.7 y LYM2.8 de tal manera que está compuesta por 5 rutas correspondiente a cada NAP de segundo nivel, de acuerdo con la normativa TIA-593-C la NAP LYM2.4 se alimenta mediante el primer hilo de fibra óptica de color azul, la NAP LYM2.5 se alimenta mediante el segundo hilo de color naranja, la NAP LYM2.6 se alimenta mediante el tercer hilo de color verde, en cada una de estas NAPs se realiza el splitteo 1:16, así teniendo dieciséis puertos disponibles para clientes finales.

Figura 63

Descripción y coordenadas de las NAPs de segundo nivel LYM2.4, LYM2.5 y LYM2.6.

The figure displays three screenshots of data entry forms for second-level NAPs. Each form contains the following fields:

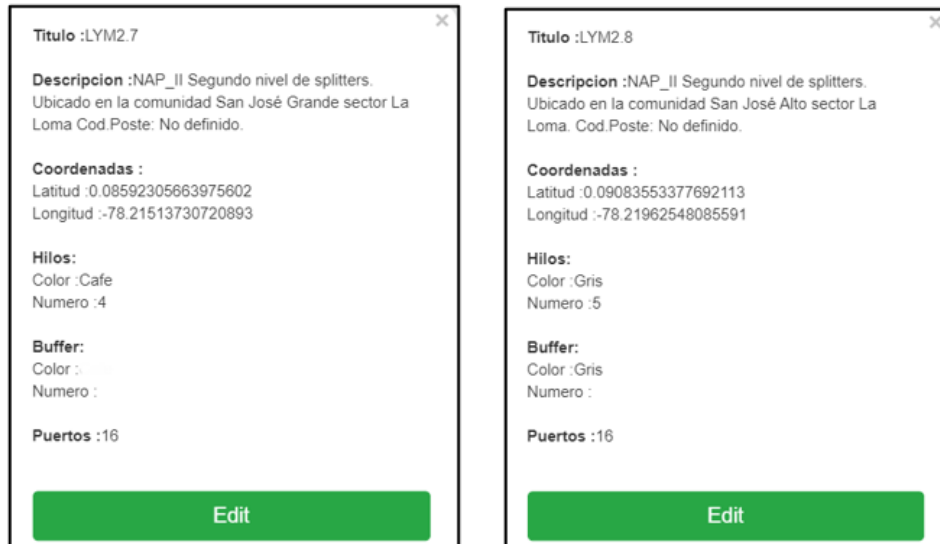
- Título:** LYM2.4, LYM2.5, and LYM2.6.
- Descripción:** NAP_II Segundo nivel de splitters. Ubicado en la comunidad San José Grande. Cod.Poste: Z1P1938 (for LYM2.4); Ubicado en la comunidad San José Alto diagonal a la empresa Paradise Roses. Cod.Poste: Z1P2056 (for LYM2.5); Ubicado en la comunidad San José Alto junto a la casa comunal. Cod.Poste: Z1P2048 (for LYM2.6).
- Coordenadas:** Latitud and Longitud values.
- Hilos:** Color and Numero.
- Buffer:** Color and Numero.
- Puertos:** 16.
- Edit:** A green button at the bottom of each form.

Nota: Superior izquierda, muestra la descripción y ubicación de la NAP de segundo nivel LYM2.4. Superior derecha, muestra la descripción y ubicación de la NAP de segundo nivel LYM2.5. Inferior central, muestra la descripción y ubicación de la NAP de segundo nivel LYM2.6. Fuente: (RedFTTH, 2022). Modificado por el autor.

En la Figura 64 se detalla las coordenadas y la descripción general de las cajas NAPs de segundo nivel denominadas LYM12.7 y LYM2.8 ubicado en los postes pertenecientes a la empresa eléctrica EMELNORTE. Para estas NAPs existe un trayecto que consta de 2 rutas la cuál empieza desde la manga de derivación donde existe hilos de fibra óptica disponibles, de acuerdo con la norma TIA-593-C la NAP LYM2.7 se alimenta mediante el cuarto hilo de fibra óptica de color café y la NAP LYM2.8 se alimenta mediante el quinto hilo de fibra óptica de color gris y en cada NAP se realiza el splitteo 1:16, así teniendo dieciséis puertos disponibles para clientes finales.

Figura 64

Descripción y coordenadas de las NAPs de segundo nivel LYM2.7 y LYM2.8.



Nota: a) Izquierda, muestra la descripción y ubicación de la NAP de segundo nivel LYM2.7. b) Derecha, muestra la descripción y ubicación de la NAP de segundo nivel LYM2.8. Fuente: (RedFTTH, 2022). Modificado por el autor.

En la Figura 65 se puede visualizar la descripción y ubicación de las reservas de fibra óptica que se deja enrollado provisionalmente en los postes correspondientes.

Figura 65

Descripción y coordenadas de reservas de las NAPs LYM2.1, LYM2.2, LYM2.3 y LYM2.4.

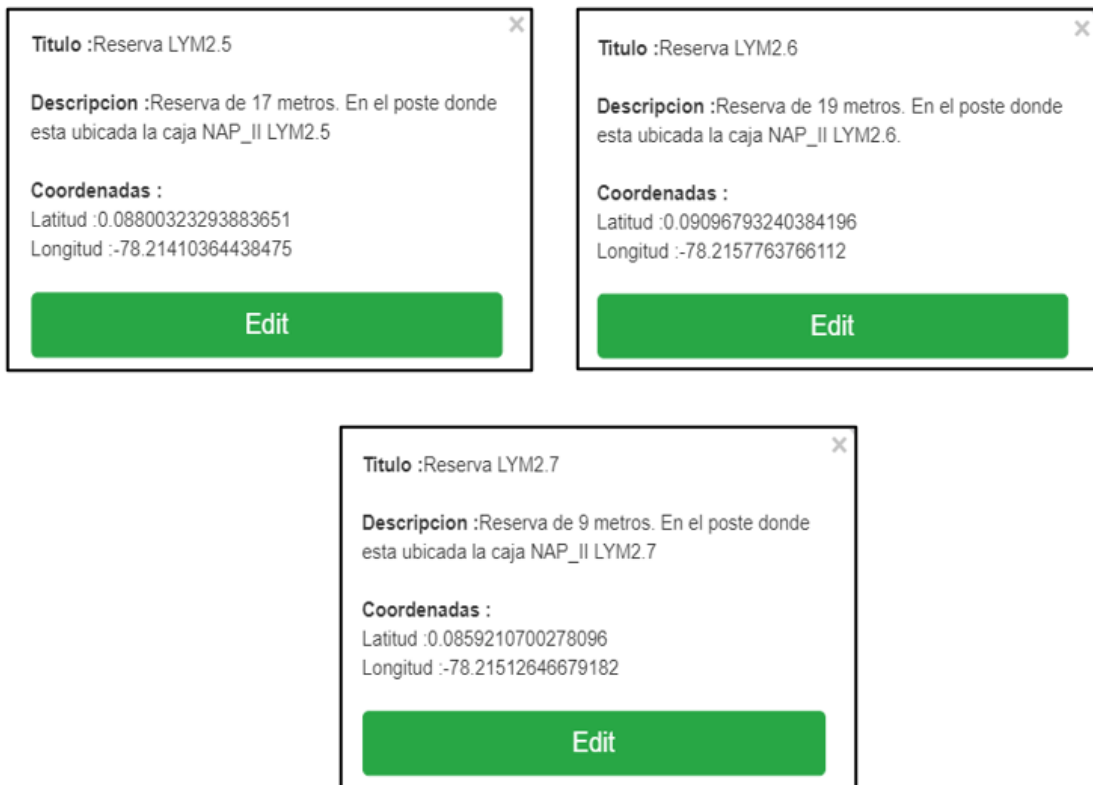


Nota: Superior izquierda, describe la ubicación de la reserva de fibra óptica donde está ubicada la NAP LYM2.1. Superior derecha, describe la ubicación de la reserva de fibra óptica donde está ubicada la NAP LYM2.2. Inferior izquierda, describe la ubicación de la reserva de fibra óptica donde está ubicada la NAP LYM2.3. Inferior derecha, describe la ubicación de la reserva de fibra óptica donde está ubicada la NAP LYM2.4. Fuente: (RedFTTH, 2022). Modificado por el autor.

En la Figura 66 se puede visualizar la descripción y ubicación de las reservas de fibra óptica que se deja enrollado provisionalmente en los postes correspondiente a las NAPs de segundo nivel LYM2.5, LYM2.6 y LYM2.7.

Figura 66

Descripción y coordenadas de reservas de las NAPs LYM2.5, LYM2.6 y LYM 2.7.



Nota: Superior izquierda, describe la ubicación de la reserva de fibra óptica donde está ubicada la caja NAP LYM2.5. Superior derecha, describe la ubicación de la reserva de fibra óptica donde está ubicada la caja NAP LYM2.6. Inferior central, describe la ubicación de la reserva de fibra óptica donde está ubicada la caja NAP LYM2.7. Fuente: (RedFTTH, 2022). Modificado por el autor.

En la Figura 67 se puede visualizar la descripción y ubicación de las reservas de fibra óptica que se dejan enrolladas provisionalmente en los postes correspondientes. Según la normativa de la Cooperación Nacional de Telecomunicaciones se debe dejar reservas cada 500 metros de tal manera la ruta hacia la NAP LYM2.8 tiene una distancia de 824 por ende se opta por dejar 2 reservas las cuales son detalladas a continuación.

Figura 67

Descripción y coordenadas de las reservas correspondiente a la ruta hacia la NAP LYM2.8.



Nota:: Izquierda, describe la ubicación de la reserva 1 de fibra óptica a 500 metros de la NAP LYM2.7. Derecha, describe la ubicación de la reserva de fibra óptica donde está ubicada la caja NAP LYM2.8. Fuente: (RedFTTH, 2022). Modificado por el autor.

Finalmente, en la Figura 68 se puede evidenciar la red de distribución perteneciente a la segunda fase la cual va estar constituido por el cable de fibra óptica Mini ADSS de hilos y esta se encarga de alimentar las NAPs de segundo nivel, para llegar a cada una de las NAPs existen rutas específicas de tal manera se tiene 8 que en su totalidad constituye la red de distribución, también existe 9 reservas de fibra óptica de acuerdo a la normativa de la Corporación Nacional

de Telecomunicaciones, la distancia media determinada por el software RedFTTH es de 3495 metros.

Figura 68

Detalles generales de la red de distribución perteneciente a la segunda fase.

Titulo	Total de Marcadores	Total de Rutas	Mangas Creadas	Reservas Creadas	Distancia Total de Rutas	NAP_I	NAP_II
F2							
Red Distribución F2	19	8	1	9	3495 metros.	1	8

Fuente: (RedFTTH, 2022).Modificado por el autor.

La distancia media de toda la red de distribución correspondiente a la segunda fase Dt es de 3.495 Km como se puede evidenciar en la Figura 68, para calcular la distancia total de la red de distribución se debe sumar la distancia media Dt más todas las reservas de fibra óptica de tal manera que la Ecuación [27] determina la distancia total $dD2$ que se requiere para el despliegue de la red de distribución.

$$dD2 = Dt + drLYM2.1 + drLYM2.2 + drLYM2.3 + drLYM2.4 + drLYM2.5 + drLYM2.6 + drLYM2.7 + drLYM2.8$$

$$dD2 = 3.495 \text{ km} + 0.015 \text{ km} + 0.015 \text{ km} + 0.022 \text{ km} + 0.021 \text{ km} + 0.034 \text{ km} + 0.019 \text{ km} + 0.009 \text{ km} + 0.041 \text{ km}$$

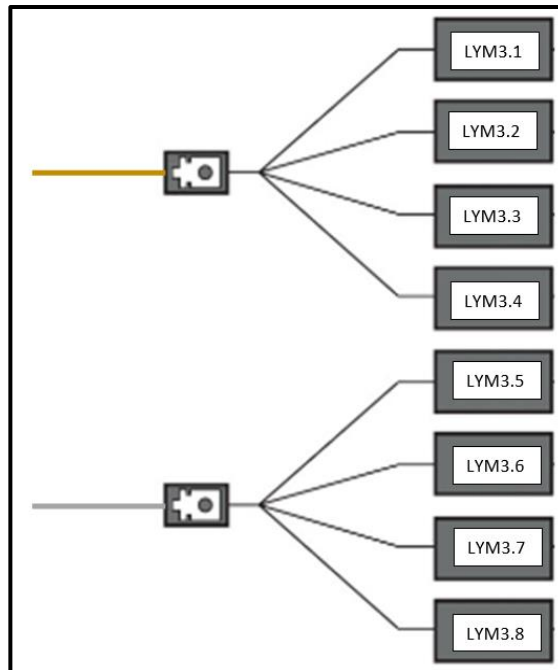
$$dD2 = 3.671 \text{ km} \quad \text{Ecuación [27]}$$

3.3.5.3. Tercer Fase

Para alimentar las cajas NAPs de segundo nivel denominadas LYM3.1, LYM3.2, LYM3.3, LYM3.4, LYM3.5, LYM3.6, LYM3.7 y LYM3.8 correspondiente a la tercera fase parte desde la NAP LYM3 que cuenta con 2 hilos de fibra óptica y de cada hilo se realiza un splitteo 1:4, así en total teniendo 8 puertos la cual correspondería cada puerto para cada caja NAP de segundo nivel como se muestra en la Figura 69.

Figura 69

Diagrama de splitter 1:4 del cuarto y quinto hilo de fibra óptica en la NAP LYM3.



Fuente: Elaborado por el autor.

El trayecto desde la NAP LYM3 hasta la NAP LYM3.1 es un solo tendido de cable de fibra óptica. La distancia necesaria que se requiere de reserva $dr_{LYM3.1}$ está determinada por la Ecuación [28].

$$drLYM3.1 = dmLYM3.1 * 0,05$$

$$drLYM3.1 = 0.575km * 0,05$$

$$drLYM3.1 = 0.0287 \approx 0.029 \text{ km} \quad \text{Ecuación [28]}$$

De igual manera, la segunda ruta va desde la NAP LYM2 hasta la NAP LYM3.2 en un solo trayecto entre estas dos cajas NAPs, la distancia necesaria que se requiere de reserva $drLYM3.2$ está determinada por la Ecuación [29].

$$drLYM3.2 = dmLYM3.2 * 0,05$$

$$drLYM3.2 = 0.322km * 0,05$$

$$drLYM3.2 = 0.0161 \approx 0.016 \text{ km} \quad \text{Ecuación [29]}$$

Para la alimentación a la NAP LYM3.3 existe un solo trayecto que parte desde la NAP LYM3, la distancia necesaria que se requiere de reserva $drLYM3.3$ está determinada por la Ecuación [30].

$$drLYM3.3 = dmLYM3.3 * 0,05$$

$$drLYM3.3 = 0.305 \text{ km} * 0,05$$

$$drLYM3.3 = 0.0152 \approx 0.015 \text{ km} \quad \text{Ecuación [30]}$$

De la misma forma, para la alimentación de la NAP LYM3.4 existe un solo trayecto que parte desde la NAP LYM3, la distancia que se requiere de reserva $drLYM3.4$ está determinada por la Ecuación [31].

$$drLYM3.4 = dmLYM3.4 * 0,05$$

$$drLYM3.4 = 0.341 \text{ km} * 0,05$$

$$drLYM3.4 = 0.01705 \approx 0.017 \text{ km} \quad \text{Ecuación [31]}$$

El trayecto que abarca la NAP LYM3.5, LYM3.6, LYM3.7 y LYM3.8 es un solo tendido del cable de fibra óptica la cual corresponde a 4 rutas tomando en cuenta las cuatro NAPs que abarca este tendido de fibra. La primera ruta de este trayecto va desde la NAP LYM3 hasta la NAP LYM3.5, donde se realiza el primer sangrado del cable de fibra óptica para extraer el primer hilo de fibra color azul, la distancia necesaria que se requiere de reserva $drLYM3.5$ está determinada por la Ecuación [32].

$$drLYM3.5 = dmLYM3.5 * 0,05$$

$$drLYM3.5 = 0.801 \text{ km} * 0,05$$

$$drLYM3.5 = 0.04005 \approx 0.040 \text{ km} \quad \text{Ecuación [32]}$$

De igual forma, la segunda ruta correspondiente al mismo trayecto va desde la NAP LYM3.5 hasta la NAP LYM2.6 donde se realiza el sangrado de la fibra óptica para extraer el segundo hilo de fibra de color naranja, la distancia necesaria que se requiere de reserva $drLYM3.6$ está determinada por la Ecuación [33].

$$drLYM3.6 = dmLYM3.6 * 0,05$$

$$drLYM3.6 = 0.803 \text{ km} * 0,05$$

$$drLYM3.6 = 0.04015 \approx 0.040 \text{ km} \quad \text{Ecuación [33]}$$

La tercera ruta correspondiente al mismo trayecto va desde la NAP LYM3.6 hasta la NAP LYM3.7, donde se alimenta mediante el tercer hilo de fibra de color verde, la distancia necesaria que se requiere de reserva $drLYM3.7$ está determinada por la Ecuación [34].

$$drLYM3.7 = dmLYM3.7 * 0,05$$

$$drLYM3.7 = 0.419 \text{ km} * 0,05$$

$$drLYM3.7 = 0.02095 \approx 0.021 \text{ km} \quad \textbf{Ecuación [34]}$$

Finalmente, la cuarta ruta correspondiente al mismo trayecto va desde la NAP LYM3.6 hasta la NAP LYM3.8, donde se alimenta mediante el cuarto hilo de fibra óptica de color café, la distancia necesaria que se requiere de reserva $drLYM3.8$ está determinada por la Ecuación [35].

$$drLYM3.8 = dmLYM3.8 * 0,05$$

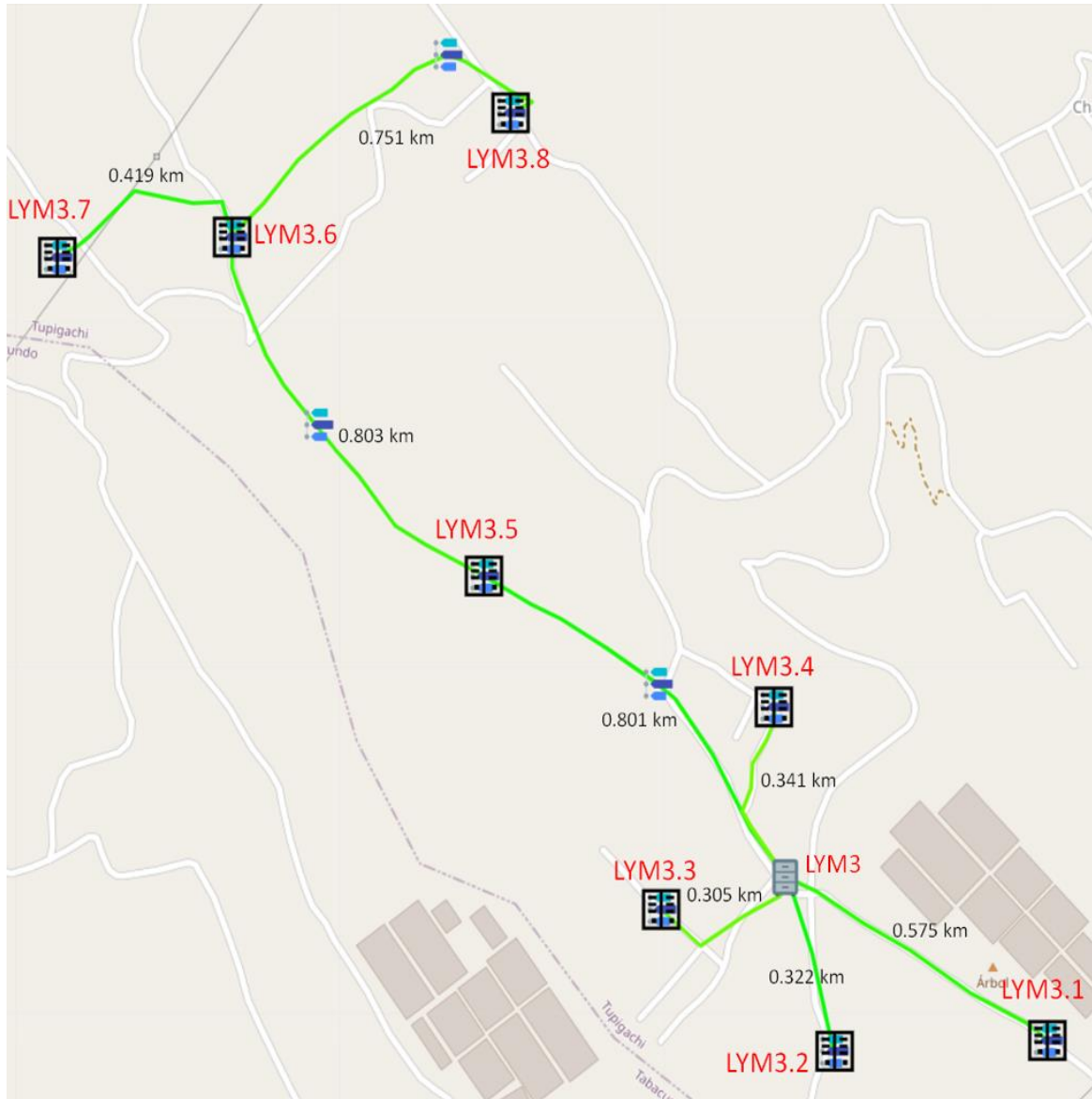
$$drLYM3.8 = 0.751 \text{ km} * 0,05$$

$$drLYM3.8 = 0.03725 \approx 0.037 \text{ km} \quad \textbf{Ecuación [35]}$$

La Figura 70 y 71 muestra todas las rutas de la red de distribución que parte desde la NAP de primer nivel hacia las NAPs de segundo nivel correspondiente a la tercera fase con sus respectivas reservas.

Figura 70

Diseño de red de distribución tercera fase (Mapa base).



Nota: Muestra el diseño de la red de distribución desplegado para la tercera fase en el mapa base determinado por el software. Fuente: (RedFTTH, 2022). Modificado por el autor.

Figura 71

Diseño de la red de distribución tercera fase (Mapa geográfico).



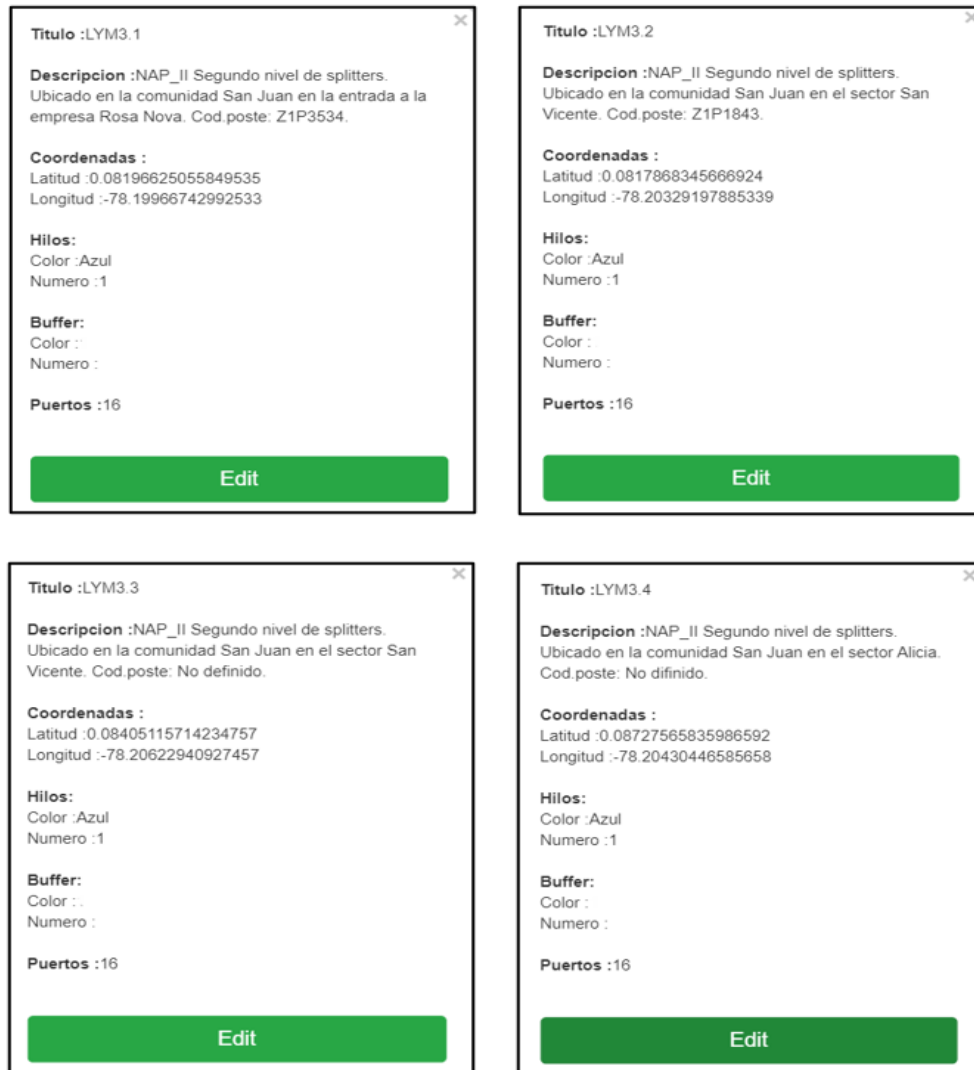
Nota: Muestra el diseño de la red de distribución desplegado para la tercera fase en el mapa geográfico. Fuente: (RedFTTH, 2022). Modificado por el autor.

En la Figura 72 se detalla las coordenadas y la descripción general de las NAPs de segundo nivel denominadas LYM3.1, LYM3.2, LYM3.3 y LYM3.4 ubicados en los postes pertenecientes a la empresa eléctrica EMELNORTE. El trayecto a cada una de estas NAPs de

segundo nivel es independiente de tal manera que existe un cableado de fibra óptica hacia cada una de estas NAPs y se alimentan mediante el primer hilo de fibra óptica de color azul, en cada una de estas NAPs se realiza el splitteo 1:16, así teniendo dieciséis puertos disponibles para clientes finales.

Figura 72

Descripción y coordenadas de las NAPs de segundo nivel LYM3.1, LYM3.2, LYM3.3 y LYM3.4.

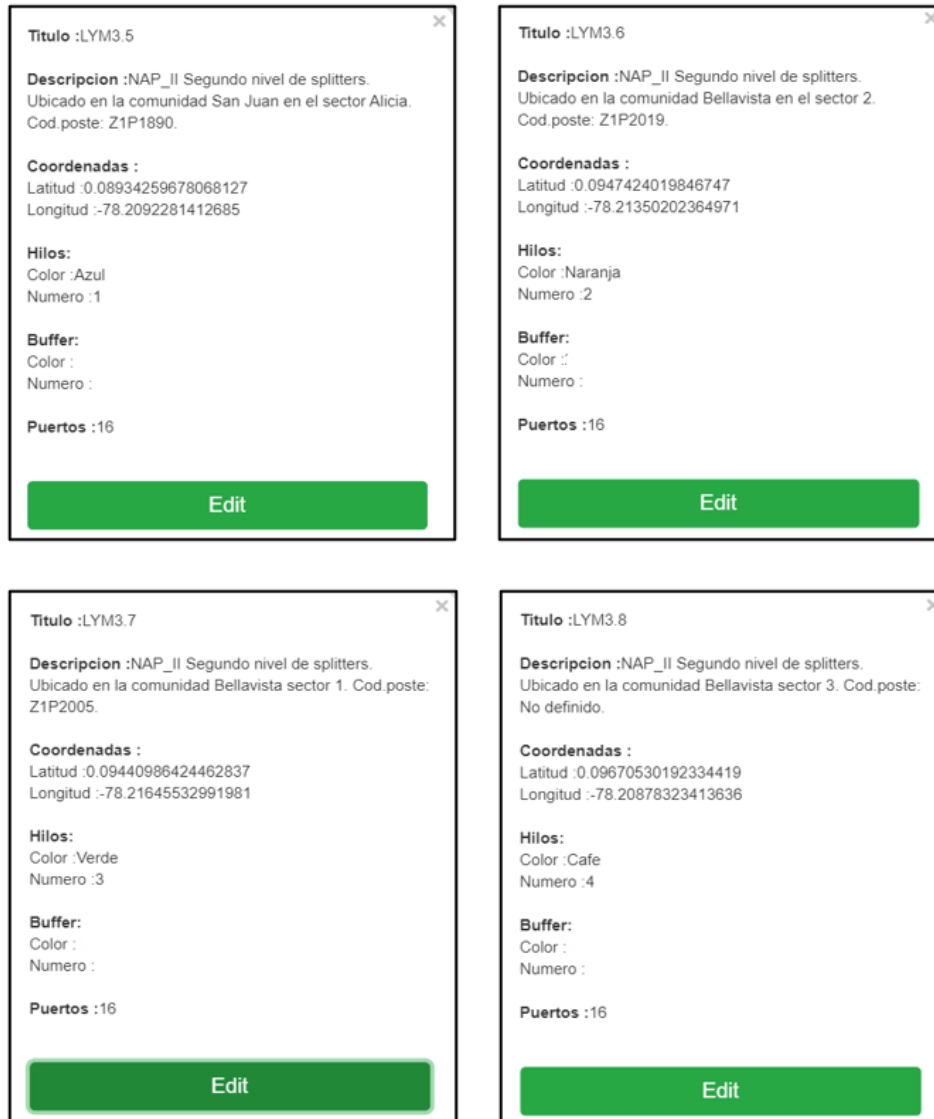


Nota: Superior izquierda, muestra la descripción y ubicación de la NAP de segundo nivel LYM3.1. Superior derecha, muestra la descripción y ubicación de la NAP de segundo nivel LYM3.2. Inferior izquierda, muestra la descripción y ubicación de la NAP de segundo nivel LYM3.3. Superior derecha, muestra la descripción y ubicación de la NAP de segundo nivel LYM3.4. Fuente: (RedFTTH, 2022). Modificado por el autor.

En la Figura 73 se detalla las coordenadas y la descripción general de las NAPs de segundo nivel denominadas LYM3.5, LYM3.6, LYM3.7 y LYM3.8 ubicados en los postes pertenecientes a la empresa eléctrica EMELNORTE. El trayecto va desde la NAP LYM3 abarcando las NAPs de segundo nivel antes mencionadas, de tal manera está compuesta de 4 rutas correspondiente a cada NAP de segundo nivel, de acuerdo con la normativa TIA-593-C la NAP LYM3.5 se alimenta mediante el primer hilo de fibra óptica de color azul, la NAP LYM3.6 se alimenta mediante el segundo hilo de fibra óptica de color naranja, la NAP LYM3.7 se alimenta mediante el tercer hilo de fibra óptica de color verde y finalmente, la NAP LYM3.8 se alimenta mediante el cuarto hilo de fibra óptica de color café.

Figura 73

Descripción y coordenadas de las NAPs de segundo nivel LYM



Nota: Superior izquierda, muestra la descripción y ubicación de la NAP de segundo nivel LYM3.5. Superior derecha, muestra la descripción y ubicación de la NAP de segundo nivel LYM3.6. Inferior izquierda, muestra la descripción y ubicación de la NAP de segundo nivel LYM3.7. Inferior derecha, muestra la descripción y ubicación de la NAP de segundo nivel LYM3.8. Fuente: (RedFTTH, 2022). Modificado por el autor.

En la Figura 74 se puede visualizar la descripción y ubicación de las reservas de fibra óptica que se deja enrollado provisionalmente en los postes correspondientes. Según la normativa de la Corporación Nacional de Telecomunicaciones se deja una reserva del 5% correspondiente a cada tendido de cable de fibra óptica.

Figura 74

Descripción y coordenadas de las reservas correspondiente a la ruta hacia las NAPs LYM3.1, LYM3.2, LYM3.3 y LYM3.4.



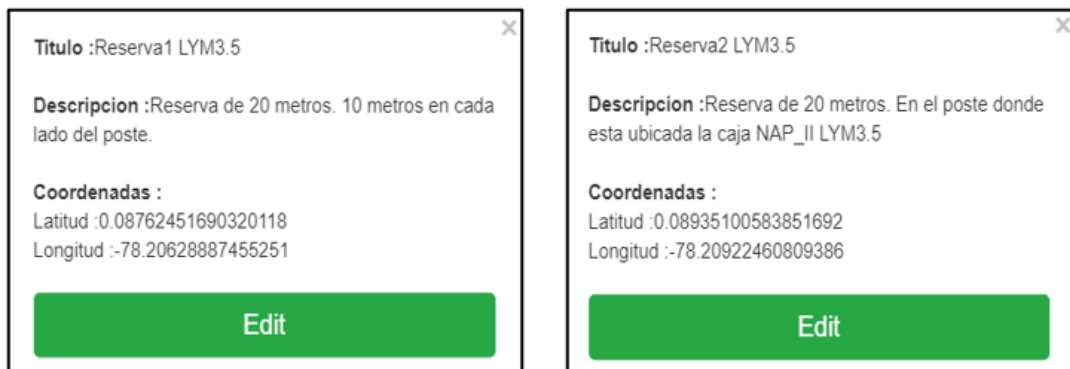
Nota: Superior izquierda, describe la ubicación de la reserva de fibra óptica donde está ubicada la caja NAP LYM3.1. Superior derecha, describe la ubicación de la reserva de fibra óptica donde está ubicada la caja NAP LYM3.2. Inferior izquierda, describe la ubicación de la reserva de fibra óptica donde está ubicada la caja NAP LYM3.3. Inferior derecha, describe la ubicación de la reserva de fibra óptica donde está ubicada la caja NAP LYM3.4. Fuente: (RedFTTH, 2022).

Modificado por el autor.

En la Figura 75 se puede visualizar la descripción y ubicación de la reserva de fibra óptica que se deja enrollado provisionalmente en los postes correspondiente. Según la normativa de la Corporación Nacional de Telecomunicaciones se debe dejar una reserva cada 500 metros de tal manera la ruta hacia la NAP LYM3.5 tiene una distancia de 801 metros por ende se opta por dejar 2 reservas las cuales son detalladas a continuación.

Figura 75

Descripción y coordenadas de la reserva correspondiente a la ruta hacia la NAP LYM3.5.



Nota: Izquierda, describe la ubicación de la reserva 1 de fibra óptica a 400 metros de la NAP LYM3.4. Derecha, describe la ubicación de la reserva 2 de fibra óptica donde está ubicada la caja NAP LYM3.5. Fuente: (RedFTTH, 2022). Modificado por el autor.

En la Figura 76 se puede visualizar la descripción y ubicación de la reserva de fibra óptica que se deja enrollado provisionalmente en los postes correspondiente. Según la normativa de la Corporación Nacional de Telecomunicaciones se debe dejar una reserva cada 500 metros de tal manera la ruta hacia la NAP LYM3.6 tiene una distancia de 803 metros por ende se opta por dejar 2 reservas las cuales son detalladas a continuación.

Figura 76

Descripción y coordenadas de las reservas correspondiente a la ruta hacia la NAP LYM3.7.

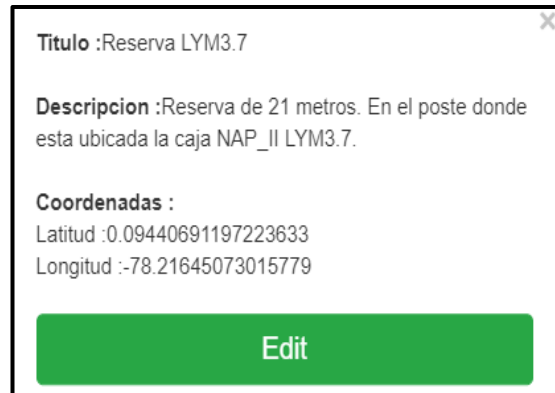


Nota: Izquierda, describe la ubicación de la reserva 1 de fibra óptica a 500 metros de la NAP LYM2.5. Derecha, describe la ubicación de la reserva 2 de fibra óptica donde está ubicada la caja NAP LYM2.6. Fuente: (RedFTTH, 2022). Modificado por el autor.

En la Figura 77 se puede visualizar la descripción y ubicación de la reserva de fibra óptica que se deja enrollado provisionalmente en el poste correspondiente perteneciente a la ruta hacia la NAP LYM3.7.

Figura 77

Descripción y coordenadas de las reservas correspondiente a la ruta hacia la NAP LYM3.7.



A screenshot of a data entry form with a black border and a close button (X) in the top right corner. The form contains the following text:

Titulo :Reserva LYM3.7

Descripcion :Reserva de 21 metros. En el poste donde esta ubicada la caja NAP_II LYM3.7.

Coordenadas :

Latitud :0.09440691197223633

Longitud :-78.21645073015779

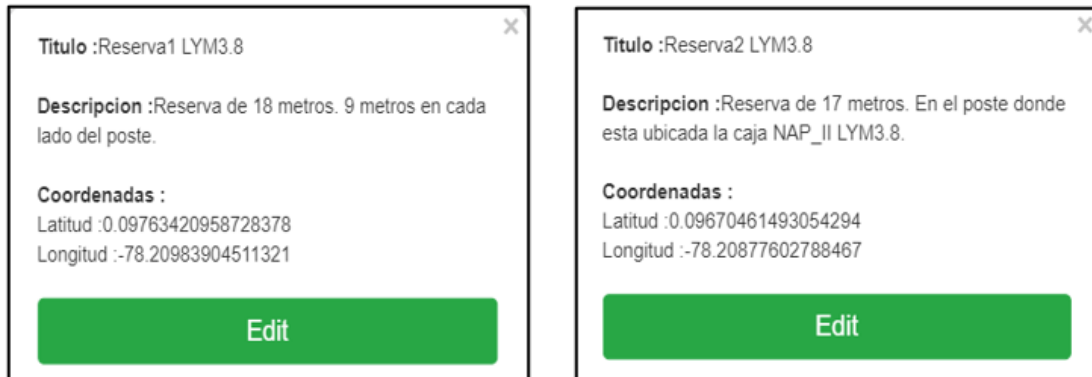
At the bottom of the form is a green button with the text "Edit" in white.

Nota: Describe la ubicación de la reserva de fibra optica donde esta ubicada la caja NAP LYM3.7. Fuente: (RedFTTH, 2022). Modificado por el autor.

En la Figura 78 se puede visualizar la descripción y ubicación de la reserva de fibra óptica que se deja enrollado provisionalmente en los postes correspondiente. Según la normativa de la Corporación Nacional de Telecomunicaciones se debe dejar una reserva cada 500 metros de tal manera la ruta hacia la NAP LYM3.8 tiene una distancia de 751 metros por ende se opta por dejar 2 reservas las cuales son detalladas a continuación.

Figura 78

Descripción y coordenadas de las reservas correspondiente a la ruta hacia la NAP LYM3.8.



Nota: Izquierda, describe la ubicación de la reserva 1 de fibra óptica a 500 metros de la NAP LYM3.6. Derecha, describe la ubicación de la reserva de fibra óptica donde está ubicada la caja NAP LYM3.8. Fuente: (RedFTTH, 2022). Modificado por el autor.

Finalmente, en la Figura 79 se puede evidenciar los detalles generales de la red de distribución perteneciente a la tercera fase la cual va a estar constituido por el cable de fibra óptica Mini ADSS de 6 hilos y esta se encarga de alimentar las NAPs de segundo nivel, para llegar a cada una de las NAPs existen rutas específicas de tal manera se tiene 8 que en su totalidad constituye la red de distribución, también existe 11 reservas de fibra óptica de acuerdo a la normativa de la Corporación Nacional de Telecomunicaciones, la distancia media determinadas por el software RedFTTH es de 4317 metros.

Figura 79

Detalles generales de la red de distribución perteneciente a la tercera fase.

Titulo	Total de Marcadores	Total de Rutas	Mangas Creadas	Reservas Creadas	Distancia Total de Rutas	NAP_I	NAP_II
F3							
Red Distribución F3	20	8	0	11	4317 metros.	1	8

Fuente: (RedFTTH, 2022). Modificado por el autor.

La distancia media de toda la red de distribución correspondiente a la tercera fase Dt es de 4.317 km como se puede evidenciar en la Figura 7, para calcular la distancia total de la red de distribución se debe sumar la distancia media Dt más todas las reservas de fibra óptica de tal manera que la Ecuación [36] determina la distancia $dD3$ que se requiere para el despliegue de la red de distribución.

$$dD3 = Dt + drLYM3.1 + drLYM3.2 + drLYM3.3 + drLYM3.4 + drLYM3.5 + drLYM3.6 + drLYM3.7 + drLYM3.8$$

$$dD3 = 4.317 \text{ km} + 0.029 \text{ km} + 0.016 \text{ km} + 0.015 \text{ km} + 0.017 \text{ km} + 0.040 \text{ km} + 0.040 \text{ km} + 0.021 \text{ km} + 0.037 \text{ km}$$

$$dD3 = 4.532 \text{ km} \quad \text{Ecuación [36]}$$

3.3.5.4. Cuarta Fase

Para alimentar las cajas NAPs de segundo nivel denominadas LYM4.1, LYM4.2, LYM4.3 y LYM4.4 correspondiente a esta fase se parte desde la NAP LYM4 que cuenta con un nivel de splitter 1:4, la cual corresponde cada puerto a cada caja NAP de segundo nivel.

El trayecto desde la NAP LYM4 hasta la NAP de segundo nivel LYM4.1 es un solo tendido de fibra óptica es decir que la caja NAP se alimenta mediante el primer hilo de color azul. Según la normativa de la Corporación Nacional de Telecomunicaciones en cada tendido se debe dejar una reserva del 5% de todo el trayecto, la distancia necesaria que se requiere de reserva $drLYM4.1$ está determinada por la Ecuación [37].

$$drLYM4.1 = dmLYM4.1 * 0,05$$

$$drLYM4.1 = 0.408km * 0,05$$

$$drLYM4.1 = 0.0204 \approx 0.020 \text{ km} \quad \text{Ecuación [37]}$$

El segundo trayecto abarca 3 rutas llegando a cada las NAPs LYM4.2, LYM4.3 y LYM4.4. La primera ruta de este trayecto va desde la NAP LYM4 hasta la NAP LYM4.2 donde se realiza el primer sangrado de fibra óptico para extraer el hilo de color azul, la distancia necesaria que se requiere de reserva $drLYM4.2$ está determinada por la Ecuación [38].

$$drLYM4.2 = dmLYM4.2 * 0,05$$

$$drLYM4.2 = 0.535km * 0,05$$

$$drLYM4.2 = 0.0267 \approx 0.027 \text{ km} \quad \text{Ecuación [38]}$$

La segunda ruta del segundo trayecto parte desde la NAP LYM4.2 hasta la NAP 4.3 así llegando con el segundo hilo de fibra color naranja, la distancia necesaria que se requiere de reserva $drLYM4.3$ está determinada por la Ecuación [39].

$$drLYM4.3 = dmLYM4.3 * 0,05$$

$$drLYM4.3 = 0.385km * 0,05$$

$$drLYM4.3 = 0.0192 \approx 0.019 \text{ km} \quad \textbf{Ecuación [39]}$$

Finalmente, la tercera ruta correspondiente al segundo trayecto parte desde la NAP LYM4.2 hasta la NAP LYM4.4 llegando con el tercer hilo de fibra óptica color verde, la distancia necesaria que se requiere de reserva $drLYM4.4$ está determinada por la Ecuación [40].

$$drLYM1.4 = dmLYM14 * 0,05$$

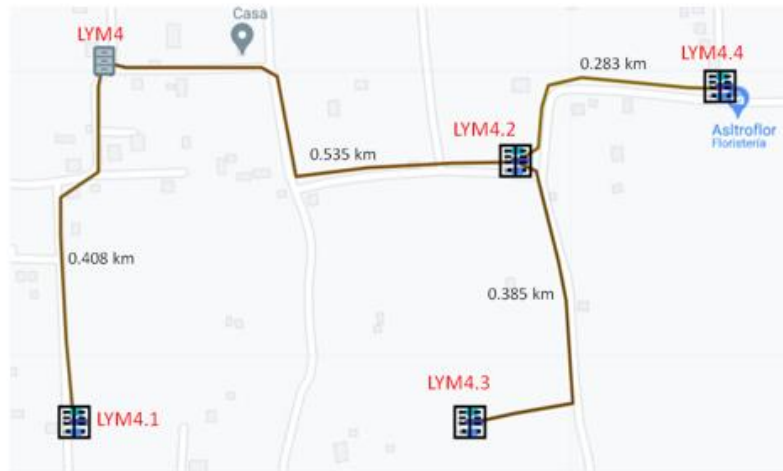
$$drLYM1.4 = 0.283km * 0,05$$

$$drLYM1.4 = 0.01415 \approx 0.014 \text{ km} \quad \textbf{Ecuación [40]}$$

En la Figura 80 muestra todas las rutas de la red de distribución que parte desde la NAP de primer nivel hacia las NAPs de segundo nivel correspondiente a la tercera fase con sus respectivas reservas.

Figura 80

Diseño de red de distribución cuarta fase.

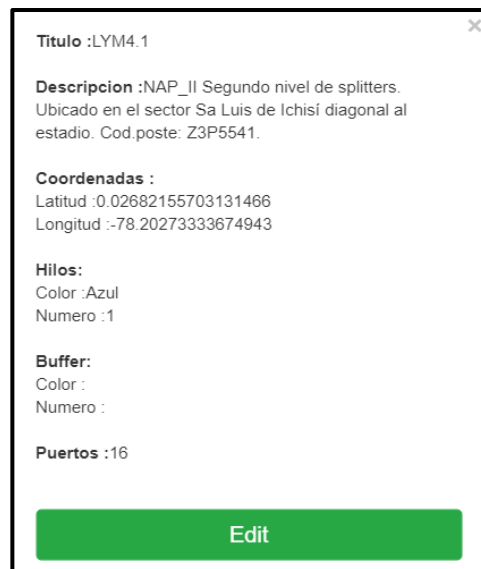


Nota: Superior, muestra el diseño de la red de distribución desplegado para la cuarta fase en el mapa base determinado por el software. Inferior, muestra el diseño de la red de distribución desplegado para la cuarta fase en el mapa geográfico. Fuente: (RedFTTH, 2022). Modificado por el autor.

En la Figura 81 se detalla las coordenadas y la descripción general de la caja NAP de segundo nivel denominadas LYM4.1 ubicado en el poste de código Z3P5541 respectivamente perteneciente a la empresa eléctrica EMELNORTE. Para esta NAP existe un solo tendido del cable de fibra óptica que parte desde la NAP LYM4, de acuerdo con la normativa TIA-593-C la caja LYM4.1 se alimenta mediante el primer hilo de fibra óptica de color azul y se realiza el splitteo 1:16, así teniendo dieciséis puertos disponibles para clientes finales.

Figura 81

Descripción y coordenadas de las NAPs de segundo nivel LYM4.1.



Titulo :LYM4.1

Descripcion : NAP_II Segundo nivel de splitters.
Ubicado en el sector Sa Luis de Ichisi diagonal al estadio. Cod.poste: Z3P5541.

Coordenadas :
Latitud :0.02682155703131466
Longitud :-78.20273333674943

Hilos:
Color :Azul
Numero :1

Buffer:
Color :
Numero :

Puertos :16

Edit

Nota: Muestra la descripción y ubicación de la NAP de segundo nivel LYM4.1. (RedFTTH, 2022). Modificado por el autor.

En la Figura 82 se detalla las coordenadas y la descripción general de las cajas NAPs de segundo nivel denominadas LYM4.2, LYM4.3 y LYM4.4, ubicados en los postes perteneciente a la empresa eléctrica EMELNORTE. Para estas cajas existen un solo tendido de cable de fibra óptica que parte desde la NAP LYM4 abarcando las NAPs antes mencionadas. De acuerdo con la

norma TIA-593-C la caja LYM4.2 alimentan mediante el primer hilo de fibra óptica de color azul, luego sigue el tendido de fibra óptica hacia la NAP LYM4.3 alimentándose mediante el segundo hilo de fibra óptica de color naranja, seguidamente desde la NAP LYM4.2 parte el recorrido de la fibra hasta la NAP LYM4.4 alimentándose mediante el tercer hilo de fibra óptica de color verde y en cada una de estas se realiza el splitteo 1:16, así teniendo dieciséis puertos disponibles para clientes finales.

Figura 82

Descripción y coordenadas de las NAPs de segundo nivel LYM4.2, LYM4.3 y LYM4.4.

The figure displays three screenshots of data entry forms for second-level NAPs. Each form contains the following fields:

- Titulo :** LYM4.2, LYM4.3, and LYM4.4.
- Descripcion :** NAP_II Segundo nivel de splitters. Ubicado en el sector Sa Luis de Ichisi. Cod.poste: N3P30. (for LYM4.2); NAP_II Segundo nivel de splitters. Ubicado en el sector Sa Luis de Ichisi. Cod.poste: Z3P469. (for LYM4.3); NAP_II Segundo nivel de splitters. Ubicado en el sector Sa Luis de Ichisi junto a la empresa Asitroflor. Cod.poste: No definido. (for LYM4.4).
- Coordenadas :** Latitud and Longitud values.
- Hilos :** Color and Numero.
- Buffer :** Color and Numero.
- Puertos :** 16.
- Edit** button.

Nota: Superior izquierda, muestra la descripción y ubicación de la NAP de segundo nivel LYM4.2. Superior derecha, muestra la descripción y ubicación de la NAP de segundo nivel LYM4.3. Inferior central, muestra la descripción y ubicación de la NAP de segundo nivel LYM4.4. Fuente: (RedFTTH, 2022). Modificado por el autor.

Figura 83

Descripción y coordenadas de reservas de las NAPs LYM4.1, LYM4.2, LYM4.3 y LYM4.4.



Nota: Superior izquierda, describe la ubicación de la reserva de fibra óptica donde está ubicada la NAP LYM4.1. Superior derecha, describe la ubicación de la reserva de fibra óptica donde está ubicada la NAP LYM4.2. Inferior izquierda, describe la ubicación de las reservas de fibra óptica donde está ubicada la NAP LYM4.3. Inferior derecha, describe la ubicación de la reserva de fibra óptica donde está ubicada la NAP LYM4.4. Fuente: (RedFTTH, 2022). Modificado por el autor.

Finalmente, en la Figura 84 se puede evidenciar los detalles generales de la red de distribución perteneciente a la cuarta fase la cual va a estar constituido por el cable de fibra óptica Mini ADSS de 6 hilos y esta se encarga de alimentar las NAPs de segundo nivel, para llegar a cada una de las NAPs existen rutas específicas de tal manera que se tiene 4 que en su

totalidad constituye la red de distribución, también existe 4 reservas de fibra óptica de acuerdo a la normativa de la Corporación Nacional de Telecomunicaciones, la distancia media determinada por el software RedFTTH es de 1611 metros.

Figura 84

Detalles generales de la red de distribución perteneciente a la cuarta fase.

Titulo	Total de Marcadores	Total de Rutas	Mangas Creadas	Reservas Creadas	Distancia Total de Rutas	NAP_I	NAP_II
F4							
Red Distribución F4	9	4	0	4	1611 metros.	1	4

Fuente: (RedFTTH, 2022). Modificado por el autor.

La distancia media de toda la red de distribución correspondiente a la cuarta fase Dt es de 1.611 km como se puede evidenciar en la Figura 84, para calcular la distancia total de la red de distribución se debe sumar la distancia media Dt más todas las reservas de fibra óptica de tal manera que la Ecuación [41] determina la distancia total $dD4$ que se requiere para el despliegue de la red de distribución.

$$dD4 = Dt + drLYM4.1 + drLYM4.2 + drLYM4.3 + drLYM4.4$$

$$dD4 = 1.611 \text{ km} + 0.020 \text{ km} + 0.027 \text{ km} + 0.019 \text{ km} + 0.014 \text{ km}$$

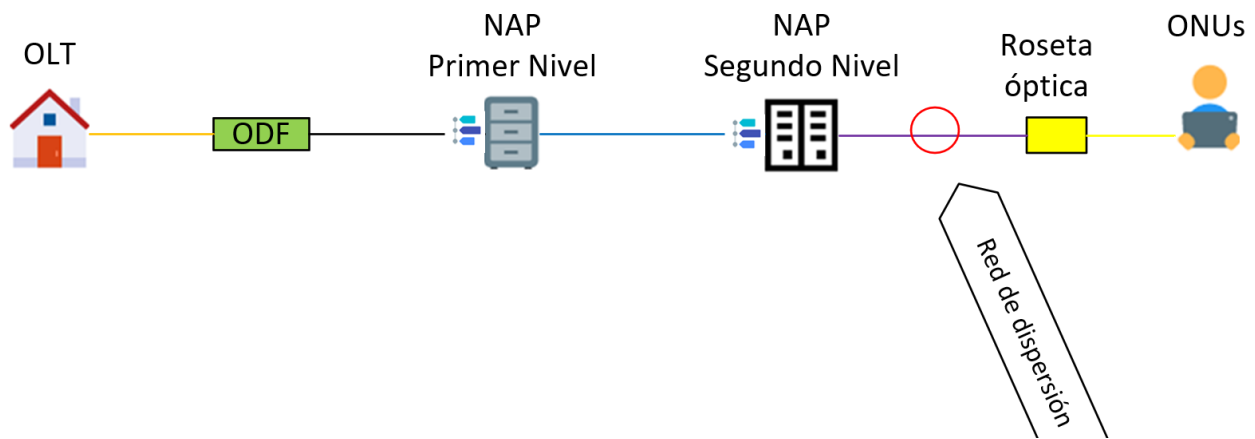
$$dD4 = 1.691 \text{ km} \quad \text{Ecuación [41]}$$

3.3.6. Red de dispersión

La red de dispersión es el último tramo de fibra óptica que va desde las NAPs de segundo nivel, entrando al domicilio del usuario llegando hasta llegar a la roseta óptica, es decir interconecta la red de distribución con la red particular de cada cliente como muestra la Figura 85.

Figura 85

Red de dispersión en la arquitectura FTTH.



Fuente: Elaboración del autor.

3.4.FASE IV: Selección de materiales, equipos y cálculos de presupuesto de potencia

Tomando en cuenta el diseño lógico y físico de la red se realiza la selección de equipos y materiales y estos elementos deben ser detallados con todas sus especificaciones técnicas y teóricas la cual deben satisfacer con cada una de las consideraciones detalladas en la fase de diseño. Ya determinado todos los parámetros y especificaciones de materiales, equipos y más las distancias de enlaces determinada en el diseño físico se realiza el presupuesto de potencia óptico.

3.4.1. Equipos y Materiales

Los equipos y materiales necesarios para la implementación de la red FTTH son los que cumplen con los requerimientos de la tecnología XG-PON, por tal motivo que estos son elegidos de acuerdo con la disponibilidad de dos empresas de distribución de materiales las cuales son UNICOM EC y DRIMPOR las mismas que están detalladas en el Anexo C y D.

3.4.1.1. OLT

La OLT es el elemento activo y principal de la red FTTH que está ubicado en la oficina central del proveedor de servicio, del cual parte las redes de fibra óptica principales hacia los clientes y también es el encargado de distribuir el tráfico hacia los clientes y viceversa tiene como capacidad dar servicio a miles de consumidores.

Para la red FTTH diseñada mediante la tecnología XG-PON, se debe realizar la selección de una OLT que cumpla con los requerimientos técnicos sobre esta tecnología la cual está determinada por la recomendación UIT-T G.987.2. Cada puerto PON debe soportar de 64 a 256 terminales ópticos de acuerdo con la tecnología. De tal manera se opta por la OLT Huawei SmartAX MA5800-X2 como se puede evidenciar en la Figura 86, la cual permite varios tipos de tarjetas para el tablero.

Figura 86

OLT Huawei modelo MA5800-X2.



Nota: Superior izquierda, vista frontal de la OLT. Superior derecha, vista angular de la OLT. Inferior izquierda, vista lateral de la OLT. Inferior derecha, vista posterior de la OLT. Fuente: (Thunder-link, 2022).

La Tabla 16 muestra las especificaciones técnicas de la OLT marca Huawei, modelo MA5800-X2.

Tabla 16

Especificaciones técnicas de la OLT MA5800-X2

Especificaciones técnicas	
OLT	MA5800-X2
Soporte de gabinete	N63E-22
Capacidad de conmutación del sistema	480 Gbit/s
Ancho de banda máximo por ranura	H901MPSC: 80 Gbit/s
Número máximo de direcciones MAC	262144

Número máximo de entradas en enrutamiento /ARP	65536
Puertos GPON	32
Puertos XG-PON	32
Puertos XGS-GPON	Dieciséis
Puertos GE/FE	96
Puertos 10GE	Dieciséis
Tablero Compatible	
Tarjeta de alimentación	
PISA	Proporciona una entrada de CC de -48 V
PISB	Proporciona una entrada de alimentación de CA y admite batería para respaldo de energía.
Tablero de Monitoreo de ventilador	
FMSA	Proveedor de energía para los aficionados, controla y monitorea los ventiladores.
Dimensiones (An. x Pr. x Al.) (mm)	<ul style="list-style-type: none"> • 2 U de alto y 19 pulgadas de ancho 442 mm x 268,7 mm x 88,1 mm • Incluye soportes de montaje IEC: 482,6 mm x 268,7 mm x 88,1 mm • Incluye soportes de montaje ETSI: 535 mm x 268,7 mm x 88,1 mm
Peso máximo	9,4 kg
Corriente máxima de entrada	20 ^a
Fuente de alimentación	Modo de fuente de alimentación DC. Rango de tensión de trabajo: -38,4 V a -72 V. Tensión nominal: -48 V / -60 V
Temperatura ambiente	-40 °C a +65 °C
Humedad ambiental	5% de HR a 95% de HR

Fuente: (Thunder-link, 2022)

Una vez seleccionada la OLT se realiza la selección de la placa óptica que debe cumplir con los requerimientos de la tecnología XG-PON, dicha placa debe constar de 8 puertos XG-PON como muestra en la Figura 87.

Figura 87

Tarjeta óptica de marca Huawei H901XGHD.



Nota: Izquierda, vista general de la tarjeta óptica. Derecha, muestra la ranura de la tarjeta óptica.

Fuente: (Thunder-link, 2022).

En la Tabla 17 se muestra las especificaciones técnicas de la tarjeta de interfaz OLT de 8 puertos de la serie Huawei MA5800 modelo H901XGHD XG-PON N1.

Tabla 17

Especificaciones técnicas de la tarjeta óptico H901XGHD.

ESPECIFICACIONES H901XGHD	
Puertos de servicio	
Puerto	8
Capacidad de reenvío	40 Gbit/s

Modo de tarifa	Tasa asimétrica
T-CONT por placa PON	2048
Flujos de servicio por placa PON	16376
Tamaño máximo de marco	2052 bytes 9216 bytes (marco gigante habilitado)
Número máximo de direcciones MAC	131072
Diferencia de distancia máxima entre dos ONU bajo el mismo puerto PON	40 km
FEC	Bidireccional
HQoS	Soportado
OMCI de longitud variable	Soportado
Modelado basado en ONU o modelado basado en cola	Soportado
Protección tipo B (recogida dual)	Soportado
Protección tipo B (single-homing)	
Detección o aislamiento de ONT no autorizado	Soportado
Apagado automático a alta temperatura	Soportado
Ahorro de energía para tableros de servicio	Soportado
D-CCAP	Soportado

Especificaciones de modulo GPON SFP

Tipo	<ul style="list-style-type: none"> • Modulo N1: Modulo óptico bidireccional de una fibra, N1 • Módulo N2a: Módulo óptico bidireccional de una fibra, N2a.
Longitud de onda operativa	N1/N2a: Transmisión: 1577 nm Recepción: 1270 nm

Tipo de encapsulación	SFP+
Tasa de puerto	N1/N2a: Tx: 9.953 Gbit/s Rx: 2.488 Gbit/s
Potencia óptica de salida mínima	Modulo N1: 2dBm Módulo N2a: 4 dBm
Potencia óptica de salida máxima	Modulo N1: 6 dBm Módulo N2a: 8 dBm
Sensibilidad máxima del receptor	Modulo N1: -27.5 dBm Módulo N2a: -9 dBm
Tipo de conector óptico	SC
Tipo de fibra óptica	Monomodo
Sobrecarga de potencia óptica	Modulo N1: -7 dBm Módulo N2a: -9 dBm
Relación de extinción	N1/N2a: 8.2 dB
Especificaciones del dispositivo	
Dimensiones (An. x Pr. x Al.)	23,30 mm * 257,90 mm * 399,20 mm
Consumo de energía y tamaño máximo de marco	
El consumo de energía	Estático: 42w Máximo: 61W
Temperatura de funcionamiento	-40°C a +65°C

Fuente: (Thunder-link, 2022).

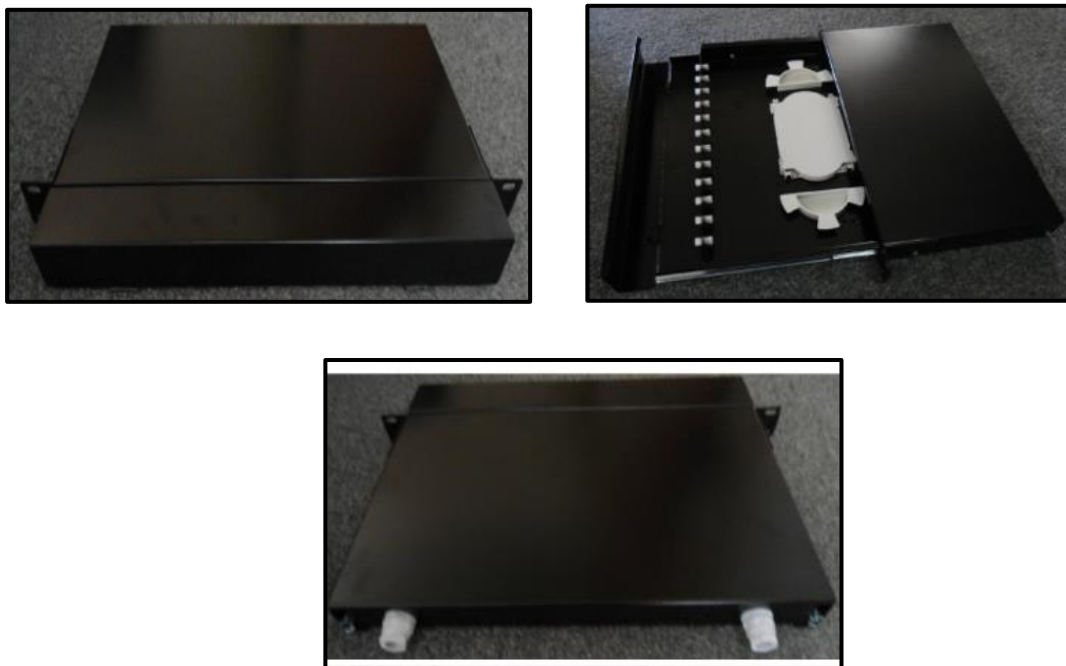
3.4.1.2. Distribuidor de fibra óptica-ODF

Es un elemento pasivo que permite la interconexión y terminación de un segmento de fibra óptica mediante el uso de conectores con el fin de mejorar la manipulación, organización, mantenimiento y protección de dichos segmentos. En su interior dispone del espacio físico para almacenamiento de reserva lo que logra una escalabilidad de los elementos para un incremento adecuado y ordenado.

El ODF debe ir acorde a las necesidades de la red, por tanto, como la OLT va a tener una conexión de 4 hilos de fibra óptica es necesario que dicho elemento cumpla ese requerimiento por tal motivo la selección del ODF DFOP1-A de 12 puertos con proyección a líneas futuras de fibra óptica como se puede visualizar en la Figura 88.

Figura 88

ODF DFOP1-A para fibra óptica.



Nota: Superior izquierda, vista frontal del ODF. Superior derecha, muestra el ODF abierta la bandeja. Inferior central, vista posterior del ODF. Fuente: (OptyTECH, 2021).

En la Tabla 18 se muestra las especificaciones y características del ODF proporcionado por la empresa OPTYTECH la cual ofrece equipos y materiales de fibra óptica.

Tabla 18*Especificaciones y características del ODF DFOP.*

Especificaciones y características ODF	
Modelo	DFOP6/12
Material	Acero A36, con espesor 1.5 mm.
Capacidad	6, 12, puertos ópticos
Dimensión	481* 280*44
Caseteras	1
Bandeja de empalme	Con capacidad para alojar 12 fibras.
Adaptadores	FC, LC, ST, SC. Monomodo (UIT G.652D o G.655) o Multimodo (UIT G.651). Pulido UPC o APC
Ingreso posterior de cables	Permite el acceso de cables de diámetro de hasta 20mm.
Pigtails	FC, SC, LC, ST, con pulido UPC o APC, diámetro exterior de 0.9mm, 2mm o 3mm, fibra Monomodo (UIT G.652D o G.655, G657A)
Zona de patcheo frontal	Independiente a la zona de empalme
Tapa frontal	Para protección de conectores.
Espacio para reservas de Pigtails	Permite controlar el radio de curvatura mínimo de 30mm.

Fuente: (OptyTECH, 2021).

3.4.1.3. NAP primer nivel

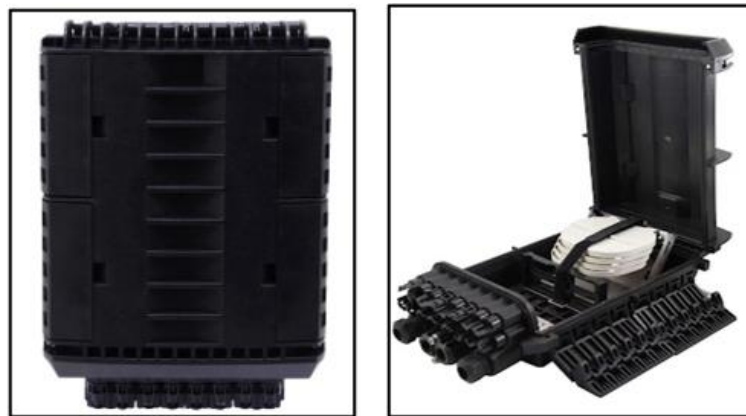
Las NAPs (punto de acceso a la red) de primer nivel es usada como un punto de terminación para conectar el cable de la red feeder a la red de distribución, estas cajas permiten

el sangrado del cable de fibra óptica de la red feeder para su posterior fusión y splitteo 1:4, brindando protección sólida y manejo de fibras de salidas para redes FTTH.

Para el splitter de primer nivel se opta por seleccionar las NAPs IP68 modelo GPJ09-8205 como se muestra en la Figura 89, ya que esta es especialmente desarrollada para soportar las más rigurosas situaciones ambientales, resistencia humedad, vibración y temperatura externa aptas para la instalación en paredes, postes y canalización, incluye un puerto de sangrado, 16 puertos adicionales para derivación, tiene una capacidad de fusión de hasta 92 hilos y 24 adaptadores SC. Puede alojar splitters de 1:4, 1:8 o 1:16 con una bandeja abatibles para fácil instalación y esta homologada por la Corporación Nacional de Telecomunicaciones.

Figura 89

Caja terminal para exteriores, protección IP68.



Nota: Izquierda, caja terminal vista frontal. Derecha, caja terminal abierta. Fuente: (OptyTECH, 2021).

3.4.1.4. NAP segundo nivel

Para los splitters de segundo nivel se opta por la NAP de modelo CF0-4716 la cual ofrece espacios para splitters y hasta 16 fusiones siendo un perfecto proveedor de soluciones rentables en las redes FTTH.

Figura 90

Caja terminal para exteriores protección IP65.



Nota: Izquierda, caja terminal vista frontal. Derecha, caja terminal abierta. Fuente: (SincablesEC, 2022).

En la Tabla 19 se puede evidenciar la NAP que se va a utilizar para el último punto de conexión de los usuarios finales.

Tabla 19

Especificaciones de la NAP de modelo CFO-4716.

NAP IP65
Especificaciones

Modelo	CF0-4716
Número de puertos	16
Estándar outdoor	IP65
Tecnología de fibra óptica	FTTH-FTTX
Color	Negro
Características de la estructura	
Plástico	Alta calidad
Estructura de rotación interna	Fácil mantenimiento
Número de piezas	16 piezas de adaptadores SC
Ambiente de trabajo	
Temperatura de trabajo	-40 °C ~ + 60 °C
Temperatura de la tienda	-25 °C ~ + 55 °C
Humedad relativa	≤85% (+30 °C)
Presión atmosférica	70 ~ 106 kPa

Fuente: (OptyTECH, 2021)

3.4.1.5. Cable red Feeder

El tendido de fibra óptica para la red Feeder como se indicó en el apartado 3.2.5.1 se va a utilizar la fibra óptica monomodo que cumple con el estándar ITU-T G.652D, por tanto, se implementa con el cable ADSS de 6 hilos para instalación aérea de rápido despliegue, diseñado para instalaciones donde se requiere cero conductividades eléctricas debido a su capacidad dieléctrica.

En la Tabla 20 se puede visualizar las especificaciones técnicas de la fibra óptica ADSS de 6 hilos para exteriores.

Tabla 20*Especificaciones técnicas generales de la fibra ADSS 6 hilos.*

CABLE DIBRA OPTICA ADSS 6 HILOS MONOMODO	
Especificaciones	
SPAN	100m
Número de fibras	6 G.652D
Código de color	TIA/EIA 598
Número de tubos holgados	1
Diámetro del tubo holgado	2.15 mm
Número de fibra por tubo	6
Diámetro del cable	12.4 ± 0.4mm
Información Técnica	
Peso	125 kg/km
Tensión de operación	1554 N Máxima tensión admisible 3200N
Máxima velocidad de viento en SPAN de 100m	25m/s
Cubierta	Aramida y doble forro de polietileno
Elemento centra dieléctrico	FRP 2.3mm de diámetro.
Temperatura de operación	-20 °C ~ + 60 °C
Características de la fibra óptica G.652D	
Diámetro del campo modal	1310nm: 9.2 um ± 0.4 um.
	1550nm: 10.4um ± 0.8 um
Diámetro Cladding	125 um ± 1.0um
Atenuación	1310nm: ≤0.35 dB/km.
	1550nm: ≤0.21 dB/km
Dispersión en el rango de 1288 a 1339 nm	≤3.5ps/(nm*km)
Dispersión a 1550 nm	≤18ps/(nm*km)

Fuente: (Sbetech, 2021)

3.4.1.6. Cable red Distribución

El tendido de fibra óptica para la red de distribución que va desde la NAP principal hacia las NAP de segundo nivel se va a utilizar la fibra óptica monomodo que cumple con el estándar ITU-T G.652D, por tanto, se implementa con el cable MINI ADSS de 6 hilos para instalación aérea de rápido despliegue, diseñado para instalaciones donde se requiere cero conductividades eléctricas debido a su capacidad dieléctrica.

En la Tabla 21 se puede visualizar las especificaciones técnicas de la fibra óptica MINI ADSS de 6 hilos para exteriores.

Tabla 21

Especificaciones técnicas generales de la fibra MINI ADSS 6 hilos.

CABLE DIBRA OPTICA MINI ADSS 6 HILOS MONOMODO	
Especificaciones	
SPAN	80m
Número de fibras	6 G.652D
Código de color	TIA/EIA 598
Número de tubos holgados	1
Número de fibra por tubo	6
Diámetro del cable	6.6 ± 0.3mm
Información Técnica	
Peso	50 kg/km
Tensión de operación	1250 N
Cubierta	Aramida y Polietileno de Media densidad
Elemento centra dieléctrico	FRP 2.3mm de diámetro.
Temperatura de operación	-20 °C ~ + 60 °C
Características de la fibra óptica G.652D	

Diámetro del campo modal	1310nm: 9.2 $\mu\text{m} \pm 0.4 \mu\text{m}$. 1550nm: 10.4 $\mu\text{m} \pm 0.8 \mu\text{m}$
Diámetro Cladding	125 $\mu\text{m} \pm 1.0\mu\text{m}$
Atenuación	1310nm: $\leq 0.40 \text{ dB/km}$. 1550nm: $\leq 0.30 \text{ dB/km}$
Dispersión en el rango de 1288 a 1339 nm	$\leq 3.5\text{ps}/(\text{nm}*\text{km})$
Dispersión a 1550 nm	$\leq 18\text{ps}/(\text{nm}*\text{km})$

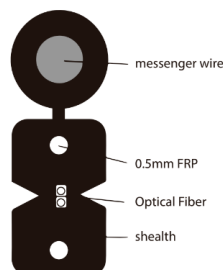
Fuente: (LATIC, 2021)

3.4.1.7. Cable red dispersión

La red de dispersión es el último tramo de la red FTTH es decir que va desde la NAP de segundo nivel hasta llegar al usuario final entrando en la roseta óptica así llegando al equipo receptor que es la ONU, de tal manera se requiere un cable de fibra óptica que cumpla con los requerimientos de la tecnología XG-PON y también tomar en cuenta la optimización de recurso y al ser que entra al usuario final desde la NAP de segundo nivel se opta por la fibra óptica bajo a recomendación UIT-T G657A2 la cual hace énfasis en el cable DROP de 2 hilos SM utilizada para última milla sobre infraestructura FTTH como se puede visualizar en la Figura 91.

Figura 91

Cable de fibra óptica FTTH DROP 2 hilos.



Fuente: (Connection, 2021).

En la Tabla 22 se detalla las especificaciones técnicas del cable drop la cual se va a utilizar para la red de dispersión, es decir la cual entra a la acometida del usuario final.

Tabla 22

Especificaciones cable drop 2 hilos.

CABLE DIBRA OPTICA FTTH DROP MONOMODO	
Especificaciones	
Tipo de cable	GJYXFCH-2B6
SPAN	80m
Número de fibras	2 G.657 A2
Código de color	TIA/EIA 598
Especificación del cable	5.2×2.0mm FTTH drop cable 2 fibers
Número de fibra por tubo	
Longitud del rollo del cable	1000 m
Información Técnica	
Peso	125 kg/km
Tensión de operación	1554 N Máxima tensión admisible 3200N
Máxima velocidad de viento en SPAN de 100m	25m/s
Cubierta	Aramida y doble forro de polietileno
Elemento centra dieléctrico	FRP 2.3mm de diámetro.
Temperatura de operación	-20 °C ~ + 60 °C
Características de la fibra óptica	
Diámetro del campo modal	1310nm: 9.2 um ± 0.4 um.
	1550nm: 10.4um ± 0.8 um
Diámetro Cladding	125 um ± 0.7um
Atenuación	1310nm: ≤0.40 dB/km.
	1550nm: ≤0.30 dB/km

Fuente: (Connection, 2021).

3.4.1.8. Splitters ópticos

Divisor óptico, es el elemento de la red de fibra óptica que retrasmite la señal óptica, es decir permite la derivación de la señal óptica a su ingreso hacia distintos puertos ópticos de salida como se puede visualizar en la Figura 92. Los splitters se pueden clasificar en primarios y secundarios, esto de acuerdo con el uso y ubicación de estos.

Figura 92

Splitter óptico 1:4



Fuente: (SilexFiber, 2021).

En la Tabla 23 se puede evidenciar las especificaciones técnicas del splitter óptico de 1:4 para las derivaciones de primer nivel y splitter de 1:16 para las derivaciones de segundo nivel.

Tabla 23

Especificaciones técnicas del splitter óptico.

Especificaciones del splitter óptico	
Numero de división	Unid.

Características	1:4	1:16	
Longitud de onda	1260 – 1650		nm
Pérdida de inserción máximo	7.4	13.7	dB
Uniformidad	0.6	1.2	dB
Perdida de retorno	55		dB
PDL sensibilidad a polarización	0.2	0.3	dB
Directividad	55		dB
Longitud de fibra	1 ($\pm 0,1$) Otras longitudes bajo demanda		m
Tipo de fibra	G657A (Otras fibras bajo demanda)		
Perdidas en función de longitud de onda	0.5	0.8	dB
Sensibilidad a la temperatura.	0.5	0.8	dB
Temperatura de funcionamiento	-40 a +85		°C
Temperatura de trabajo	-40 a +85		°C

Fuente: (SilexFiber, 2021).

3.4.1.9. Mangas

Las mangas protegen los empalmes de fibra óptica que están realizados en su interior, por ende, contiene una bandeja de organización de fibra óptica como se puede visualizar en la Figura 93, este tipo de manga aérea permite una mejor distribución de la fibra en la red FTTH.

Figura 93

Manga tipo DOMO modelo GJS03-M8AX-JX-144D.



Fuente: (OptyTECH, 2021).

En la Tabla 24 se detalla las especificaciones técnicas de la manga aérea tipo DOMO, la cual esta homologada de acuerdo con la Corporación Nacional de Telecomunicaciones.

Tabla 24

Especificaciones técnicas de la manga tipo DOMO.

Especificaciones MANGA TIPO DOMO	
Característica	Detalle
Modelo	GJS03-M8AX-JX-144D
Puertos	1 puerto oval + 4 puertos redondo.
Material	Protección UV
Capacidad	12, 24 hilos F. O
Homologación	CNT
Temperatura de trabajo	40 °C ~ +60 °C
Presión atmosférica	70 K Pa ~ 150 K Pa
Tensión	2000N

Resistencia al estiramiento	2940N / 10 centímetros
Resistencia de aislamiento	$> 2 \cdot 10^4 M\Omega$
Fuerza de voltaje	15KV/1min, sin arco ni ruptura
Presión con el agua	50m / 72horas
Bandeja de empalme	Con radio de recepción óptica ≥ 40 mm para baja pérdida óptica

Fuente: (OptyTECH, 2021).

3.4.1.10. Rosetas ópticas

La roseta óptica la cual se visualiza en la Figura 94 es utilizada en la red FTTH como un punto de terminación, dentro de esta se realiza el sangrado del punto final de la fibra óptica para posterior fusión con el Patchcord brindando alimentación a la ONU.

Figura 94

Rosetas ópticas sin bandeja.



Fuente: (Merocom, 2022).

En la Tabla 25 se verifica los detalles técnicos de la roseta tipo 86A, este elemento está acorde a las especificaciones expuestas por la Corporación Nacional de Telecomunicaciones.

Tabla 25*Detalles técnicos de la roseta óptica.*

Detalles técnicos de roseta óptica	
Características	Detalle
Material	Plástico compactado
Tipo de roseta	86
Tapa	Montable
Adaptador	Adaptador de fibra óptica SC, FC, LC
Tipo de modelo	Sin bandeja
Medidas	(ancho * largo * alto) 8.5 cm * 8.5 cm * 2.3 cm
Número de entradas	2
Incluye	Tornillos y tacos

*Fuente: (Merocom, 2022)***3.4.1.11. ONUs**

Es la terminación óptica de la red, está ubicado en el área del usuario final donde termina la red de acceso por fibra óptica. Este equipo recibe información enviada por la OLT y se le entrega al usuario final. De tal manera existen diversas ONUs que cumplen el requerimiento de la tecnología XG-PON se detallan en la Tabla 26.

Tabla 26*ONU marca Huawei para tecnología XG-PON.*

ONU	Soporte
Echo Life HN8245Q	Asimétrico 10G EPON/XG-PON
Echo Life HN8346Q	Asimétrico 10G EPON/XG-PON
Echo Life HN8546Q	XG-PON

Fuente: (YCICT, 2022).

Tomando en cuenta las ONUs descritas en la Tabla 26, la ONU que se va a seleccionar es el Echo Life HN8546Q la cual se puede visualizar en la Figura 95, debido que con los proveedores que se está trabajando UNICOM Y DRIMPOR ofrece este producto en manera de pedidos, de la misma forma este equipo cumple con todos los requerimientos de la tecnología XG-PON descrita en la recomendación ITU-T G.987.2.

Figura 95

ONU marca Huawei modelo HN8546Q.



Fuente: (Drimport, 2022).

En la Tabla 27 se indica las especificaciones técnicas para la ONU seleccionada la cual cumple con los requerimientos de la tecnología XG-PON Clase N1/N2a.

Tabla 27*Especificaciones técnicas de la ONU modelo HN8546Q*

Descripción del equipo	
Marca	Huawei
Modelo	HN8546Q
Parámetros de hardware	
Dimensiones (Ancho × Profundidad × Altura)	210 mm * 159,5 mm * 36 mm
Peso	<500g
Temperatura de funcionamiento	0 °C a 40 °C
Humedad de funcionamiento	5 % de HR a 95 % de HR, sin condensación
Fuente de alimentación	11–14 V CC, 3 A
Entrada del adaptador de corriente	180–240 V CA, 50/60 Hz
Consumo de energía de la electrostática	<8W
Consumo máximo de energía	<30W
Características del puerto	1 POTS+4GE+2USB+2.4G y 5G Wi-Fi
Interfaz óptica	SC/UPC
Parámetro de la interfaz	
Puerto PON	<ul style="list-style-type: none"> • XG-PON: Clase N1/N2a • Sensibilidad de recepción: -28dBm • Longitud de onda: enlace ascendente 1260-1280nm, enlace descendente 1575-1580. • Admite filtro de parada de banda (WBF). • Puerto GEM y mapeo flexible CONT. • Autenticación: MAC/Clave/ SN/Contraseña/SN+Contraseña/ Autenticación bidireccional basada en OMCI (XG-PON);

	<ul style="list-style-type: none"> • Admite FEC (Corrección de errores de reenvío) ascendente y descendente. • Admite DBA DE SR, NSR. • Tasa de velocidad ascendente y descendente: 2,5 Gbps ascendente, 10 Gbps descendente
Puerto Ethernet	<ul style="list-style-type: none"> • Eliminación de etiquetas/etiquetas VLAN basadas en puerto Ethernet. • Transmisión transparente 1:1 VLAN/N:1 VLAN/VLAN. • Límite de direcciones MAC. • Aprendizaje de direcciones MAC
WIFI	<ul style="list-style-type: none"> • IEEE 802.11 b/g/n(2.4G). • IEEE 802.11 a/n/ac(5G). • 3x3 MIMO. • 2.4-2.4835GHz EIRP 100mW. • 5.15-5.25GHz/5.25-5.35GHz EIRP 200mW. • Ganancia inalámbrica: 5dBi. • WMM (WIFI Multi Media). • Más SSID. • WPS. • Concurrencia 2.4G/5G. • Velocidad del puerto: 2.4G: 450Mbps 5G: 1300Mbps
USB	<ul style="list-style-type: none"> • USB2.0 • USB3.0 • Almacenamiento en red • Compartir archivos/compartir impresiones basado en SAMBA

- DLNA DMS/UPnP (servidor de medios)

Versión del software

V3R1018C00S108

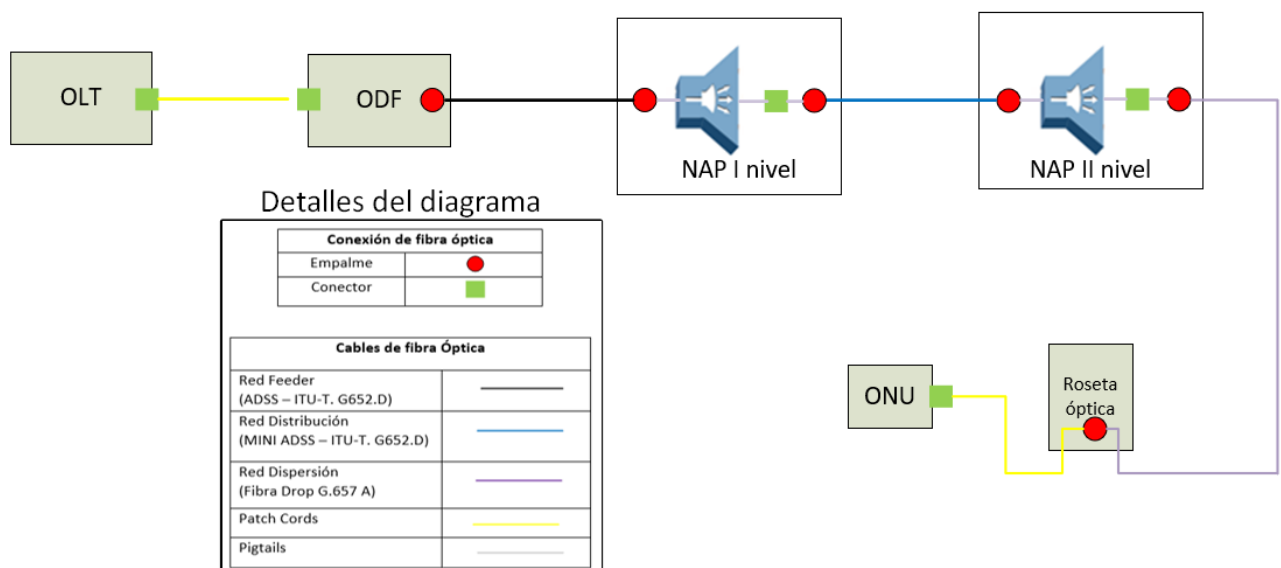
Fuente: (FiberOptic, 2022).

3.4.2. Presupuesto de potencia

El presupuesto de potencia garantiza que las conexiones de fibra óptica tengan potencia suficiente para el funcionamiento correcto, es decir que se necesita calcular la potencia emitida por la OLT y la potencia que puede recibir en el receptor, es decir en la ONU. La diferencia de potencia es la máxima pérdida que puede existir en el enlace óptico ya sea por la distancia del tendido de fibra óptica o por los elementos que conforman la red FTTH como se puede observar en la Figura 96.

Figura 96

Diagrama con los elementos que conforman la red FTTH.



Fuente: Elaborado por el autor.

3.4.2.1. Parámetros de transmisión de OLT y ONU

Los parámetros de transmisión se basan en las clases de rango de atenuación determinadas para la tecnología XG-PON de tal manera se tiene las potencias mínimas y máximas emitidas por las interfaces ópticas de la OLT y de tal manera también recibida por la ONU para el caso del sentido ascendente la cual esta detallada en la Tabla 28.

Tabla 28

Parámetros ópticos de la OLT y ONU según la tecnología XG-PON.

Parámetros de interfaces ópticos - Sentido descendente								
Clases		Unit	N1	N2		E1	E2	
Subclases				N2a	N2b		E2a	E2b
Transmisor	Potencia mínima	dB	+2.0	+4.0	+10.5	+6	+8	+14.5
	OLT	Potencia máxima	dB	+6.0	+8.0	+12.5	+10	+12
Receptor	Sensibilidad mínima	dB	-28.0	-28.0	-21.5	-28.0	-28.0	-21.5
	ONU	Sobrecarga mínima	dB	-8.0	-8.0	-3.5	-8.0	-8.0

Fuente: (Recommendation ITU-T-G.987.2, 2020)

En el caso ascendente siendo el transmisor la ONU y el receptor la OLT de la misma forma se tiene las clases de atenuaciones y os valores referenciales de potencia mínima y máxima para la tecnología XG-PON la cual se detalla en la Tabla 29.

Tabla 29*Parámetros de interfaces ópticos para OLT y ONU.*

Parámetros de interfaces ópticos - Sentido ascendente						
	Clases	Unit	N1	N2	E1	E2
Transmisor ONU	Potencia mínima	dB	+2.0	+2.0	+2.0	+2.0
	Potencia máxima	dB	+7.0	+7.0	+7.0	+7.0
Receptor OLT	Sensibilidad mínima	dB	-27.5	-29.5	-31.5	-33.5
	Sobrecarga mínima	dB	-7.0	-9.0	-11	-13

Fuente: (Recommendation ITU-T-G.987.2, 2020)

Una vez determinada las clases de los rangos de atenuación y los valores referenciales de potencias máximas y mínimas de trabajo para la OLT y la ONU en sentido descendente y ascendente y siguiendo la recomendación ITU-T G.987.2 se debe realizar el análisis matemático para estimar el presupuesto de potencia.

En este caso para la estimación de presupuesto de potencia se toma los valores referenciales en sentido descendente la cual explica que al usar la subcategoría XG-PON1 se va a usar los valores de la clase N1. Según la Recomendación ITU-T G987.2 los valores de potencia de transmisión máximo para la tecnología XG-PON es de +6 dB y la sensibilidad de la ONU es de -28 dB. Estos parámetros son valore fundamentales para analizar el presupuesto de potencia.

La Recomendación ITU-T G987.2 también hace mención acerca de los umbrales máximos y mínimos de pérdida óptica para la tecnología XG-PON, de tal manera que los rangos de atenuación también están distinguidos por clases. Existen 4 clases para la tecnología XG-PON las cuales son:

- Nominal 1 (N1)
- Nominal 2 (N2)
- Extendida 1 (E1)
- Extendida 2 (E2)

Tomando en cuenta que la clase nominal 1 (N1) hace referencia a XG-PON1 que posee velocidad de carga y descarga asimétrica tiene una pérdida mínima de 14dB y máxima de 29 dB las cuales se detallan en la Tabla 30.

Tabla 30

Rango de atenuación para la tecnología XG-PON.

Rango de atenuación para XG-PON				
Pérdidas de potencia	Clase N1	Clase N2	Clase E1	Clase E2
Pérdida mínima	14 dB	16 dB	18 dB	20 dB
Pérdida máxima	29 dB	31 dB	33 dB	35 dB

Fuente: (Recommendation ITU-T-G.987.2, 2020).

3.4.2.2. Cálculo de presupuesto potencia

El cálculo del presupuesto PP se consigue utilizando los valores anteriormente detallados en los parámetros de interfaces ópticos de tal manera, el cálculo matemático realizada es la diferencia entre potencia máxima emitida por el transmisor P_{maxTX} y la sensibilidad del receptor S_{RX} . La OLT que cumple los requerimientos de la tecnología XG-PON1 emite una potencia máxima de 6 dB y la sensibilidad máxima de la ONU es de -28 dB es decir que con esa potencia la ONU es capaz de entender la señal lumínica emitido por el transmisor de tal manera que en la

Ecuación 42 se puede observar el valor óptimo de presupuesto de potencia para la tecnología XGPON.

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

$$PP = 6dB - (-28 dB)$$

$$PP = 34 dB \quad \text{Ecuación [42]}$$

3.4.2.3. Cálculo de pérdida de potencia óptica

La pérdida de potencia óptica es debido la atenuación que generalmente se mide en dB y dB/Km según la UIT-T G.652 para realizar el cálculo de atenuación total de una red de fibra óptica se puede obtener mediante la Ecuación 43.

$$A = \alpha L + \alpha_s x + a_c y + a_n z \quad \text{Ecuación [43]}$$

Donde:

- A= Atenuación total.
- α = Coeficiente de atenuación de la fibra óptica.
- L = Longitud de la fibra óptica.
- α_s = Pérdida por empalme.
- x= Número de empalme
- a_c = Pérdida por conector.
- y= Número de conector.
- a_n =Perdida por splitters ópticos según su nivel de división.
- z= Número de splitters según su nivel de división.

La atenuación (A) es el parámetro principal para determinar el cálculo del presupuesto de potencia, la potencia enviada por el puerto PON de la OLT sufre una disminución de potencia en la transmisión en función de la distancia de la fibra, es decir entre más larga sea la distancia y más empalmes exista la atenuación será mayor.

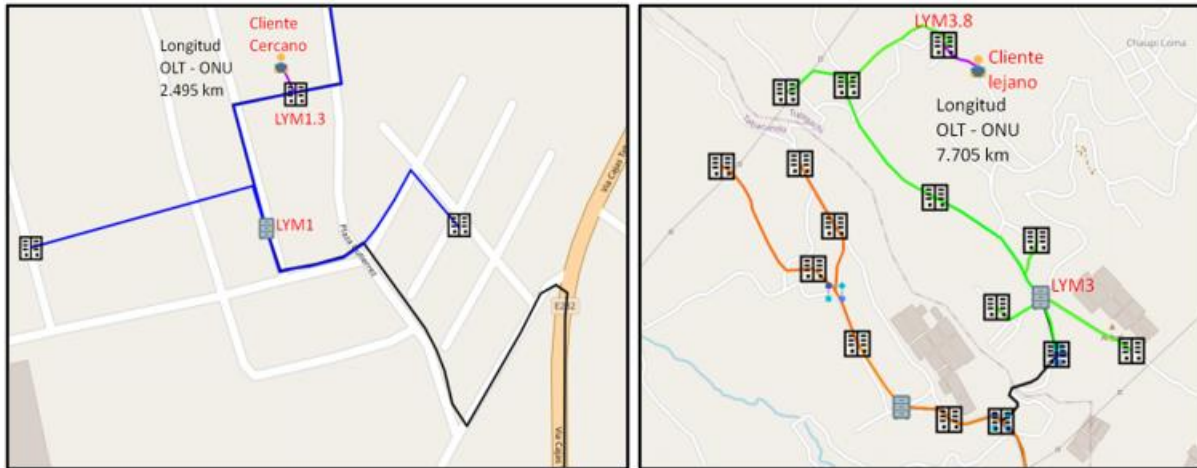
3.4.2.3.1. Atenuación de la fibra óptica

En este caso la atenuación de la potencia óptica se debe a la longitud del cable de fibra óptica de tal manera se considera la distancia desde la OLT hacia la ONU, para el análisis de este caso se va a relacionar la distancia al cliente más cercano y como también al cliente más lejano.

En la Figura 97 se visualiza la ubicación del cliente ms cercano y el más lejano siendo que el más cercano está ubicada en la en el sector Cochas en la NAP de segundo nivel LYM1.3 y el cliente más lejano está en la comunidad Bellavista en el sector 3 en la caja NAP 3.8.

Figura 97

Longitud desde la OLT hacia las ONUs del cliente cercano y lejano.



Nota: Izquierda, muestra la longitud máxima desde la OLT hasta el cliente más cercano.

Derecha, muestra la longitud máxima desde la OLT hasta el cliente más lejano. Fuente:

(RedFTTH, 2022). Modificado por el autor.

De tal manera el valore referencial de distancia para el cliente más cercano es de 2.495 km y para el cliente más lejano es de 7.705 km partiendo desde la OLT. De tal manera para llegar a la ONU desde la OLT costa de tres redes las cuales son: la red feeder la cual va a estar constituido por el cable de fibra óptica ADSS según la recomendación ITU-T G.652D para la cual se tiene un coeficiente de atenuación máximo de 0.40dB/km para la longitud de onda 1310nm a 1625nm, para la segunda red denominada red de distribución va a estar constituido por el cable de fibra óptica MINI ADSS según la recomendación ITU-T.G652D el mismo coeficiente de atenuación y la tercera red denominada red de dispersión va a estar constituido por el cable DROP según la recomendación ITU-T G.657 A2 la cual tiene un coeficiente de atenuación máxima de 0.40 dB/km.

De tal manera tomando estos valores referenciales de atenuación de la fibra óptica, la Ecuación 44 determina la atenuación total de la fibra óptica A_d la cual es el producto del coeficiente de atenuación de la fibra óptica por la distancia del cliente más cercano partiendo desde la OLT.

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

$$A_d = 0.40 \text{ dB/km} * 2.495 \text{ km}$$

$$A_d = 0.998 \approx 1 \text{ dB} \quad \textbf{Ecuación [44]}$$

De la misma forma la Ecuación 45 determina la atenuación total de la fibra óptica A_d hacia el cliente más lejano.

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

$$A_d = 0.40 \text{ dB/km} * 7.705 \text{ km}$$

$$A_d = 3.08 \approx 3.1 \text{ dB} \quad \textbf{Ecuación [45]}$$

3.4.2.3.2. Atenuación por empalme

El empalme o más conocida como fusión es una técnica utilizada para la unión permanente de distintos cables de fibra óptica o la unión de la fibra óptica con los Pigtailes o patch Cords. Según (Recommendation-ITU-T-L.400/L.12, 2022) especifica las pérdidas de empalmes de fibra óptica monomodo para aplicaciones en exteriores e interiores, después de realizar el empalme se debe verificar su resistencia mínima y colocar una protección para tener las más mínimas pérdidas y el rango aceptable de atenuación esta detalla en la Tabla 31.

Tabla 31*Atenuación por empalme de fibra óptica.*

Rango de atenuación de empalme	
Longitud de onda	Atenuación
	0.05 dB ideal
1260 nm – 1625 nm	≤ 0.12 dB media
	≤ 0.25 dB máxima

Fuente: (Recommendation-ITU-T-L.400/L.12, 2022).

Haciendo énfasis en la Figura 96, en toda la red FTTH se tiene un total de 6 empales de fibra óptica, la cual tomando el valor referencial máxima de 0.25dB en los peores del caso se realiza el cálculo de la atenuación total del empalme A_e la cual es el producto del valor referencial α_s con la cantidad de empalmes ópticos a realizar x , la cual se muestra en la Ecuación 46.

$$A_e = \alpha_s * x$$

$$A_e = 0.25 \text{ dB} * 6$$

$$A_e = 1.5 \text{ dB} \quad \text{Ecuación [46]}$$

3.4.2.3.3. Atenuación por conector

Los conectores son elementos mecánicos la cual facilita las uniones entre extremos de fibra óptica, así brindando flexibilidad, facilidad de conexión y desconexión entre sistemas de fibra óptica, las perdidas producidas por los conectores se deben al material de construcción. De acuerdo con (Recommendation-ITU-T.L.36, 2015) los conectores son medios pasivos y la atenuación de estos se clasifican según los grados de clasificación siendo el Grado A el más ideal

la cual aún no es definida y el grado D tomado para el peor de los casos las cuales esta detallada en la Tabla 32.

Tabla 32

Grado de atenuación por conector de fibra óptica.

Grado de atenuación de conectores de fibra óptica	
Grado de atenuación	Atenuación
Grado A	Aún no definido
Grado B	≤ 0.12 dB media ≤ 0.25 dB máxima
Grado C	≤ 0.25 dB media ≤ 0.5 dB máxima
Grado D	≤ 0.5 dB media ≤ 1 dB máxima

Fuente: (Recommendation-ITU-T.L.36, 2015).

En la red FTTH planteada como se puede evidenciar en la Figura desde la OLT hacia la ONU en todo el trayecto consta de 5 conectores, por ende, se va a tomar el valor referencial máximo del Grado C en el peor de los casos de atenuación para estos elementos activos la cual es de 0.5 dB, realizando el análisis matemático la atenuación total por conectores A_c es el producto del valor referencia a_c por la cantidad de conectores en toda la red de fibra óptica y .

$$A_c = a_c * y$$

$$A_c = 0.5 \text{ dB} * 5$$

$$A_c = 2.5 \text{ dB} \quad \text{Ecuación [47]}$$

3.4.2.3.4. Atenuación por división óptica

Los splitters ópticos son componentes pasivos que realiza la división de la señal óptica y la atenuación en los splitters se da según los niveles de división óptica. Según (Recommendation-ITU-T.G.671, 2019) la cuál cubre los aspectos relacionados con la transmisión de todos los tipos de componentes ópticos utilizadas en la red de acceso determina la Tabla 33 acerca de las atenuaciones mínimas y máximas según el nivel óptico para un enlace normal.

Tabla 33

Atenuación por divisor óptico.

Perdida por inserción en splitters			
Número de entrada	Número de splitters	Pérdida mínima (dB)	Pérdida máxima (dB)
1	2	2.8	3.9
	4	5.4	7.4
	8	8.2	10.6
	16	10.8	14.1
	32	13.3	17.5
	64	16.1	20.9
2	2	2.6	4.2
	4	5.1	7.7
	8	7.6	11.2
	16	10.1	14.7
	32	12.7	18.2
	64	15.2	21.7

Fuente: (Recommendation-ITU-T.G.671, 2019).

En el diseño de red FTTH con tecnología XG-PON, desde la OLT hasta llegar a la ONU existe dos niveles de splitters ópticos según los criterios de diseño, en el primer nivel se realiza el splitteo 1:4 y en el segundo nivel se realiza el splitteo 1:16 así teniendo en cada NAP de segundo nivel 16 puertos disponibles para clientes finales; en cada nivel de splitter se toma el valor referencial en el peor de los casos con una pérdida máxima. La atenuación total por división óptica de primer nivel y segundo nivel de splitteo (A_s) está determinada por la Ecuación 48.

$$A_s = A_{s1} + A_{s2}$$

$$A_{s1} = a_{1:4} * 1$$

$$A_{s2} = a_{1:16} * 1$$

$$A_s = a_{1:4} * 1 + a_{1:16} * 1$$

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

$$A_s = 21.5 \text{ dB} \text{ Ecuación [48]}$$

3.4.2.4. Margen de guarda

Según la (Recomendación UIT-T_G.957, 2006) el margen de guarda es un factor de seguridad de potencia en el diseño de la red FTTH para compensar posibles degradaciones inesperadas en el sistema como puede ser por el deterioro de algún elemento pasivo o un margen de pérdida que compense el envejecimiento de los equipos, o por eventualidades de reparación de cables de fibra óptica, de tal manera en la regla del diseño se establece un margen de pérdida que no supere los 3dB.

3.4.2.5. Determinación del mejor y peor caso de enlace

En virtud de los análisis matemáticos realizadas anteriormente se realiza el cálculo del presupuesto de potencia. De acuerdo con la Unión Internacional de Telecomunicaciones (Recomendation ITU-T G.652, 2016) la atenuación total At es el valor matemático la cual consta de la suma de todas las pérdidas ópticas como son:

- Atenuación del cable de fibra óptica (Ad)
- Atenuación por empalme (Ae).
- Atenuación por conectores ópticos (Ac).
- Atenuación por splitters ópticos (As).

A todas estas atenuaciones se debe incluir el margen de guarda ya sea para realizar extensiones futuras o por el desvanecimiento de los materiales que conforman la red FTTH. De tal manera que la Ecuación 49 define la atenuación total que se produce en la red óptica y la sumatoria de esto no debe exceder los 29 dB la cual es la atenuación máxima permitida para la tecnología XG-PON1, el rango ideal de pérdida debe estar entre 14 a 29 dB exclusivamente.

$$At = Ad + Ae + Ac + As \leq 29 \text{ dB} \quad \text{Ecuación [49]}$$

3.4.2.5.1. Mejor caso de enlace – Cliente cercano

El mejor de los casos es determinado para el cliente más cercano debido a la menor distancia entre la OLT y la ONU de tal manera, la Ecuación 50 define la atenuación total para dicho cliente.

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

$$At_{\text{cliente cercano}} = 1 \text{ dB} + 1.5 \text{ dB} + 2.5 \text{ dB} + 21.5 \text{ dB} \leq 29 \text{ dB}$$

$$At_{\text{cliente cercano}} = 26.5 \text{ dB} \leq 29 \text{ dB} \quad \text{Ecuación [50]}$$

Obtenida la atenuación total de todos los componentes que involucra a la red FTTH hacia el cliente más cercano y verificando que no exceda el rango máximo permitido 29 dB de pérdida óptica para la tecnología XG-PON1, a este valor se debe sumar la atenuación de margen de guarda. De tal manera la Ecuación 51 demuestra la atenuación total para el cliente más cercano la cual debe ser menor al presupuesto óptico máximo de 34 dB establecido en el apartado 3.4.2.2 cálculo de presupuesto óptico.

$$At_{\text{cliente cercano+margen guarda}} = 26.5 \text{ dB} + 3 \text{ dB} \leq 34 \text{ dB}$$

$$At_{\text{cliente cercano+margen guarda}} = 29.5 \text{ dB} \leq 34 \text{ dB} \quad \text{Ecuación [51]}$$

Finalmente, ya obtenida la atenuación total más el margen de guarda, se realiza el cálculo de la potencia recibida en la ONU del cliente final y según (Recommendation ITU-T-G.987.2, 2020) el presupuesto de potencia es la diferencia entre la potencia máxima emitida por la OLT y la potencia mínima recibida en la ONU. En la Ecuación 52 se observa el cálculo de la potencia recibida en la ONU perteneciente al cliente más cercano.

$$PP_{\text{cliente cercano}} = P_{\text{maxTR}} - S_{\text{RX}}$$

$$29.5 \text{ dB} = P_{\text{maxTR}} - S_{\text{RX}}$$

$$S_{\text{RX}} = P_{\text{maxTR}} - 29.5 \text{ dB}$$

$$S_{\text{RX}} = 6 \text{ dB} - 29.5 \text{ dB}$$

$$S_{\text{RX}} = -23.5 \text{ dB} \quad \text{Ecuación [52]}$$

Como se evidencia en la Ecuación la potencia que llega a la ONU del cliente más cercano -23.5 dB está en el rango de umbrales de aceptación las cuales está entre -8 dB como mínimo y hasta -28 dB como máximo.

3.4.2.5.2. Peor caso de enlace – Cliente lejano

El peor de los casos es determinado para el cliente más lejano cuando en cuenta la distancia entre la OLT y la ONU de tal manera, la Ecuación define la atenuación total para dicho cliente.

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

$$At_{\text{cliente cercano}} = 3.1 \text{ dB} + 1.5 \text{ dB} + 2.5 \text{ dB} + 21.5 \text{ dB} \leq 29 \text{ dB}$$

$$At_{\text{cliente cercano}} = 28.6 \text{ dB} \leq 29 \text{ dB} \quad \text{Ecuación [53]}$$

Obtenida la atenuación total de todos los componentes que involucra a la red FTTH hacia el cliente más lejano y verificando que no exceda el rango máximo permitido 29 dB de pérdida óptica para la tecnología XG-PON1, a este valor se debe sumar la atenuación de margen de guarda. De tal manera la Ecuación 54 demuestra la atenuación total para el cliente más lejano la cual debe ser menor al presupuesto óptico máximo de 34 dB establecido en el apartado 3.4.2.2 cálculo de presupuesto óptico.

$$At_{\text{cliente lejano} + \text{margen guarda}} = 28.6 \text{ dB} + 3 \text{ dB} \leq 34 \text{ dB}$$

$$At_{\text{cliente lejano} + \text{margen guarda}} = 31.6 \text{ dB} \leq 34 \text{ dB} \quad \text{Ecuación [54]}$$

Finalmente, ya obtenida la atenuación total más el margen de guarda, se realiza el cálculo de la potencia recibida en la ONU del cliente final y según (Recommendation ITU-T-G.987.2, 2020) el presupuesto de potencia es la diferencia entre la potencia máxima emitida por la OLT y la potencia mínima recibida en la ONU. En la Ecuación 55 se observa el cálculo de la potencia recibida en la ONU perteneciente al cliente más lejano.

$$PP_{\text{cliente lejano}} = P_{\text{maxTR}} - S_{\text{RX}}$$

$$31.6 \text{ dB} = P_{maxTR} - S_{RX}$$

$$S_{RX} = P_{maxTR} - 31.6 \text{ dB}$$

$$S_{RX} = 6 \text{ dB} - 31.6 \text{ dB}$$

$$S_{RX} = -25.6 \text{ dB} \quad \text{Ecuación [55]}$$

Como se evidencia en la Ecuación la potencia que llega a la ONU del cliente más lejano es de -25.6 dB por ende está en el rango de umbrales de aceptación las cuales está entre -8 dB como mínimo y hasta -28 dB como máximo, concluyendo que para el peor de los casos la potencia es aceptable para el buen funcionamiento de la ONU.

4. CAPITULO IV: ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD

En este capítulo se realizará un análisis económico del proyecto tomando en cuenta el cálculo del indicador financiero VAN y TIR para determinar la factibilidad del proyecto, realizando la relación costo/beneficio determinando la inversión y su tiempo de amortización.

4.1.Fase V: Análisis de la facilidad del proyecto.

Finalmente, en esta etapa se analiza la posible rentabilidad del proyecto y sobre todo si es viable o no. Se define los costos y los beneficios generales del proyecto considera todos los elementos de inversión, así como los beneficios económico-esperados a un determinado tiempo.

Para ello se utiliza los parámetros importantes para calcular la viabilidad del proyecto:

- VAN= Valor Actual Neto
- TIR= Tasa Interna de Retorno.

4.1.1. Costo de Inversión

Para conocer el costo total de la inversión se debe determinar todos los gastos en equipos activos, elementos pasivos, materiales necesarios para la implementación de la red FTTH con tecnología XG-PON como también la mano de obra y los gastos de movilidad. Para conocer los valores reales de costos, se realiza la cotización de todas las materias en la empresa UNICOM y DRIMPOR las cuales están detalladas en el ANEXO C y D respectivamente en el que se muestra minuciosamente todos los costos tanto de los elementos como equipos necesarios.

4.1.1.1. Equipos activos

Dentro de los equipos activos de la red están los equipos terminales, es decir la OLT y la ONU las cuales están detalladas sus precios en la Tabla 34.

Tabla 34*Detalles de precios de equipos activos.*

Equipos Activos					
Equipo	Marca	Modelo	Cantidad	Precio unitario	Precio Total
OLT	Huawei	Huawei MA5800-X2	1	\$2680.00	\$2680.00
ONU	Huawei	Huawei HN8546Q.	275	\$38.50	\$10587.50
Costo TOTAL					\$13267.50

*Fuente: (UNICOM; DIMPOR, 2022).***4.1.1.2. Elementos pasivos y demás materiales**

En la Tabla 35 se detallan los elementos pasivos a utilizar para la implementación de la red FTTH y demás materiales necesarios que cumplen un papel importante y necesario en lo que respecta a la red FTTH.

Tabla 35*Costo de elementos y materiales.*

Elementos y materiales				
Elemento	Descripción	Cantidad	Precio unitario	Precio final
Cable red Feeder	Bobina de cable ADSS- 6hilos de 4km span 120m	2	\$1550.00	\$3100.00
Cable red de distribución	Cable MINI ADSS 6 hilos de 4km Span 80-100m	3	\$1420.00	\$4260.00
Cable red de dispersión	Bobina Cable DROP (2 Hilos- 2Km). G.657 A2	15	\$153.00	\$2295.00

ODF	ODF 12 CORES CON SC/APC pigtail y adaptadores -	1	\$38.00	\$38.00
NAP primer nivel	NAP IP65 1X4 APC con splitters 1:4	4	\$45.00	\$180.00
NAP segundo nivel	NAP IP65 1X16 APC con splitters 1:16	24	\$23.96	\$575.04
Manga	MANGA mecánica tipo domo 12/24 hilos.	2	\$50.00	\$100
Rosetas	Rosetas vacías	275	\$0.68	\$187.00
Tubillos de fusión	Tubillos para protección de fusión.	550	\$0.05	\$27.50
Patchcord	Patchcord SC/UPC-SC/APC 2M	275	\$1.75	\$481.25
Elementos de sujeción				
Cintas aceradas ½	Cintas aceradas de ½	4	\$19.00	\$76.00
Hebillas ½	Funda de hebillas de 1/2 de 100 unidades	2	\$19.00	\$38.00
Cintas aceradas ¾	Cintas aceradas de ¾	4	\$19.00	\$76.00
Hebillas ¾	Funda de hebillas de 1/4 de 100 unidades	4	\$21.50	\$86.00
Herraje tipo A	Herraje tipo A sin extensión.	210	\$2.25	\$472.50
Pinzas de anclaje	Pinzas plásticas de anclaje de fibra óptica	420	\$0.95	\$399.00
Herraje de dispersión	Ganchos de dispersión	100	\$0.30	\$30.00
Subtotal				\$10120.29
IVA				\$1214.72
TOTAL				\$11335.01

Fuente: (UNICOM; DIMPOR, 2022).

4.1.1.3. Mano de obra e instalación

LYMNET hoy en día cuenta con un técnico de planta que brinda soporte y soluciones a la red actual y para la implementación de la red FTTH se debe contar con 3 técnicos la cual facilite el tendido de fibra óptica y el despliegue de la red en un tiempo estimado, de tal manera contando con todos los materiales el tiempo estimado es de 6 meses para culminar con la migración de los clientes a la red FTTH con tecnología XG-PON, por ende, se realiza la contabilidad de los tres técnicos con un salario básico unificado del valor de 425 dólares tal como se indica en la Tabla 36 (Cacuango, 2022).

Tabla 36

Costo total de la mano de obra.

Costos mano de obra			
Motivo	Cantidad de meses	Costo mensual	Costo final
Técnico 1	6 meses	\$425.00	\$2550.00
Técnico 2	6 meses	\$425.00	\$2550.00
Técnico 3	6 meses	\$425.00	\$2550.00
Total			\$7650.00

Fuente: (Cacuango, 2022).

4.1.1.4. Movilización

LYMNET cuenta con un vehículo y los gastos de movilidad son equivalente a 200 dólares mensuales, en mantenimiento y consumo de combustible de tal manera, como se puede evidenciar en la Tabla 37 se detalla el costo anual en movilización en beneficio de la empresa (Cacuango, 2022).

Tabla 37*Costo total de movilización.*

Costos de movilización		
Motivo	Costo mensual	Costo Anual
Movilización	\$200	\$2400.00

Fuente: (Cacuango, 2022).**4.1.1.5. Costo total de inversión del proyecto**

Costo total de la inversión o egresos son básicamente los costos necesarios para la implementación del proyecto, las cuales son calculadas en las tablas anteriores mediante la contabilidad de cada material y equipos como también los costos generados por la instalación y movilidad.

La Tabla 38 se muestra el costo general que se requiere para implementar el proyecto en su totalidad cubriendo todos los clientes determinado en el apartado 3.2.2.

Tabla 38*Costo total de inversión.*

Costo de inversión del proyecto	
Motivo	Inversión
Elementos activos	\$13267.50
Elementos pasivos y demás materiales	\$11335.01
Mano de obra e instalación	\$7650.00
Movilización	\$2400.00
TOTAL, DE INVERSIÓN	\$34652.51

Fuente: Elaborado por el autor.

4.1.2. Ingresos generales de la red actual

Como se indica en la Tabla 39 la empresa LYMNET ofrece a sus clientes dos planes en la red actual mediante radio enlaces, el primer plan determinado como básico tiene un valor de \$20 por 4 megas y el segundo plan determinado como avanzado tiene un valor de \$25 por 5 megas, de tal manera hoy en día existen 116 clientes que contratan el plan básico y 91 clientes que contratan el plan avanzado. Los ingresos totales por proporcionar internet mediante radio enlaces esta detallado en la Tabla 39.

Tabla 39

Ingresos de la red actual de LYMNET.

Ingresos mensuales de la red inalámbrica de LYMNET			
Planes LYMNET	Valor del plan	Cantidad de clientes	Total
Plan básico	\$20.00	116	\$2320.00
Plan Avanzado	\$25.00	91	\$2275.00
Tota de ingreso actual			\$4595.00

Fuente: (Lymnet, 2020).

4.1.3. Flujo de caja

Es una forma de saber si hay el movimiento económico que se genera en la empresa tanto como ingresos y egresos estimados, de tal manera el flujo de caja es una herramienta financiera que permite ordenar las entradas y salidas del dinero de la empresa, en un periodo determinado de tiempo, de tal manera el propósito de esta herramienta es registrar los movimientos futuros de dinero proveniente del proyecto a realizar.

En la Tabla 40 se puede evidenciar los ingresos generados para un periodo de 10 años.

Tabla 40*Ingresos estimados para 10 años.*

Ingresos de caja					
AÑOS	Planes Básicos		Planes Avanzados		Total Ingresos ANUAL
	Número de clientes	Costo	Número de clientes	Costo	
1	116	\$20	91	\$25	\$55140
2	123	\$20	96	\$25	\$58320
3	126	\$20	99	\$25	\$59940
4	130	\$20	102	\$25	\$61800
5	134	\$20	105	\$25	\$63660
6	138	\$20	108	\$25	\$65520
7	142	\$20	111	\$25	\$67380
8	146	\$20	114	\$25	\$69240
9	150	\$20	117	\$25	\$71100
10	154	\$20	121	\$25	\$73260
Total Ingresos					\$645360

Fuente: Elaboración del autor.

En la Tabla 41 se puede visualizar los egresos que se generan e el periodo de 10 años.

Tabla 41*Egresos estimados para 10 años.*

Egresos de caja					
Año	Inversión del proyecto	Carrier Pago anual	Técnico Pago anual	Móvil. anual	Total Egresos ANUAL
0	\$34652.51	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$34652.51

1	\$0.00	\$16800	\$5100	\$2400	\$29400
2	\$0.00	\$16800	\$10200	\$2400	\$29400
3	\$0.00	\$16800	\$10200	\$2400	\$29400
4	\$0.00	\$16800	\$10200	\$2400	\$29400
5	\$0.00	\$16800	\$10200	\$2400	\$29400
6	\$0.00	\$16800	\$10200	\$2400	\$29400
7	\$0.00	\$16800	\$10200	\$2400	\$29400
8	\$0.00	\$16800	\$10200	\$2400	\$29400
9	\$0.00	\$16800	\$10200	\$2400	\$29400
10	\$0.00	\$16800	\$10200	\$2400	\$29400
Total Egresos					\$328,652.51

Fuente: Elaboración del autor.

En la Tabla 42 se puede evidenciar el flujo neto de efectivo del proyecto de tal manera que se obtiene restando el valor actual de ingresos con el valor actual de egresos.

Tabla 42

Flujo neto de efectivo.

Año	Ingresos	Egresos	Flujo neto
0	0	\$34652.51	- \$34652.51
1	\$55140	\$29400	\$25740
2	\$58320	\$29400	\$28920
3	\$59940	\$29400	\$30540
4	\$61800	\$29400	\$32400
5	\$63660	\$29400	\$34260
6	\$65520	\$29400	\$36120

7	\$67380	\$29400	\$37980
8	\$69240	\$29400	\$39840
9	\$71100	\$29400	\$41700
10	\$73260	\$29400	\$43860

Fuente: Elaboración del autor.

4.1.4. Indicadores de rentabilidad

Los indicadores de rentabilidad Valor Actual Neto (VAN) y la tasa interna de retorno (TIR) son los utilizados para determinar la factibilidad del proyecto, las mismas que sirven para determinar una garantía a la empresa sobre la viabilidad del proyecto presentado.

4.1.4.1. Valor Actual Neto (VAN)

El valor actual neto, representa los beneficios netos generados por el proyecto durante un periodo de tiempo estimado después de haber recuperado la inversión realizada. Este indicador financiero a largo plazo corresponde a la suma de los flujos de caja netos proyectados y descontados a cierta tasa de interés misma que se expresa en la Ecuación 56 (Quiñonez, 2018).

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{FNE}{(1+i)^t} \quad \text{Ecuación [56]}$$

Donde:

- VAN= Valor actual neto
- I_0 = Inversión inicial del proyecto
- t= periodo de tiempo
- FNE= Flujo neto de efectivo
- i= tasa de interés anual

De acuerdo como indica el (Banco Central del Ecuador, 2022) la tasa de interés anual para inversiones de microempresas es de 22,05%. El periodo de tiempo será de 10 años de tal manera que la Ecuación 57 muestra el VAN obtenido para el presente proyecto.

$$\begin{aligned}
 VAN &= -34652.51 + \frac{25740}{\left(1+\frac{22.05}{100}\right)^1} + \frac{28920}{\left(1+\frac{22.05}{100}\right)^2} + \frac{30540}{\left(1+\frac{22.05}{100}\right)^3} + \frac{32400}{\left(1+\frac{22.05}{100}\right)^4} + \frac{34260}{\left(1+\frac{22.05}{100}\right)^5} + \frac{36120}{\left(1+\frac{22.05}{100}\right)^6} \\
 &\quad + \frac{37980}{\left(1+\frac{22.05}{100}\right)^7} + \frac{39840}{\left(1+\frac{22.05}{100}\right)^8} + \frac{41700}{\left(1+\frac{22.05}{100}\right)^9} + \frac{43860}{\left(1+\frac{22.05}{100}\right)^{10}} \\
 VAN &= -34652.51 + \frac{25740}{1.2205} + \frac{28920}{1.4896} + \frac{30540}{1.8180} + \frac{32400}{2.2189} + \frac{34260}{2.7082} + \frac{36120}{3.3054} + \frac{37980}{4.0342} + \frac{39840}{4.9238} + \frac{41700}{6.0095} \\
 &\quad + \frac{43860}{7.3346} \\
 VAN &= -34652.51 + 21089.71 + 19414.60 + 16798.67 + 14601.82 + 12650.46 \\
 &\quad + 10927.57 + 9414.50 + 8091.31 + 6939.01 + 5979.87 \\
 VAN &= 91255.01 \quad \text{Ecuación [57]}
 \end{aligned}$$

4.1.4.2. Tasa Interna de retorno (TIR)

La TIR es un indicador de rentabilidad utilizado para la toma de decisiones sobre el proyecto de inversión. Por ende, se define como es la tasa de interés con la cual el valor actual neto (VAN) de una inversión sea igual a cero tal como muestra la Ecuación 58 (Quiñonez, 2018).

$$0 = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{FNE}{(1+TIR)^t} \quad \text{Ecuación [58]}$$

Tomando en cuenta la tasa internade retorno (TIR) con el 82.343%, el valor actual neto es igual a cero (VAN=0) tal como se muestra en la Ecuación 59.

$$\begin{aligned}
 0 &= -34652.51 + \frac{25740}{\left(1+\frac{82.343}{100}\right)^1} + \frac{28920}{\left(1+\frac{82.343}{100}\right)^2} + \frac{30540}{\left(1+\frac{82.343}{100}\right)^3} + \frac{32400}{\left(1+\frac{82.343}{100}\right)^4} + \frac{34260}{\left(1+\frac{82.343}{100}\right)^5} + \frac{36120}{\left(1+\frac{82.343}{100}\right)^6} \\
 &\quad + \frac{37980}{\left(1+\frac{82.343}{100}\right)^7} + \frac{39840}{\left(1+\frac{82.343}{100}\right)^8} + \frac{41700}{\left(1+\frac{82.343}{100}\right)^9} + \frac{43860}{\left(1+\frac{82.343}{100}\right)^{10}}
 \end{aligned}$$

$$0 = 0 \quad \text{Ecuación [59]}$$

4.1.4.3. Interpretación general del VAN y TIR

Una vez determinado la VAN y la TIR en los apartados 4.1.4.1 y 4.1.4.2 respectivamente, estos representan una garantía del proyecto al momento de generar una inversión. Por ende la VAN mide la rentabilidad absoluta de los activos del proyecto mientras que la TIR mide la rentabilidad relativa o porcentual de tales activos.

Existe tres escenarios de interpretación del VAN la cual determina la evaluación financiera del proyecto. Estos escenarios son:

- $VAN > 0$: significa que la inversión es rentable, la cual producirá ganancias al tiempo estimado. La decisión es que si se puede aceptar realizar el proyecto.
- $VAN < 0$: Significa que la inversión producirá perdidas la cual la decisión es rechazar el proyecto.
- $VAN = 0$: Significa que la inversión no producirá ni ganancias ni perdidas. La decisión debería basarse en diferentes criterios para la obtención de un mejor posicionamiento en el mercado.

Tomando en cuenta las tres posibilidades anteriores del indicador financiero VAN, al realizar los cálculos y obtener un VAN de 91255.01 tal como indica la Ecuación 57, el proyecto realizado para la Empresa LYMNET es rentable la cual se puede invertir en él, dado que el valor actual neto es positivo.

Para el indicador financiero TIR la cual indica la rentabilidad del proyecto también existe 3 escenarios de interpretación las cuales son:

- Si la tasa de interés es menor que la TIR, será conveniente realizar la inversión para el proyecto.
- Si la tasa de interés es mayor que la TIR, la inversión producirá pérdidas. La decisión sobre el proyecto es negativa de tal manera que se debe rechazar.
- Si la tasa de interés es igual TIR, la inversión no producirá ganancias ni pérdidas.

Tomando en cuenta la tasa de interés determinada por el Banco Central del Ecuador de 22,05% se tiene un valor de VAN positivo, de tal forma para que la VAN sea igual a cero, la TIR debe ser de 82.343% por ende la TIR es mayor a la tasa de interés, de esta forma podemos decir que la inversión del proyecto resulta ser factible financieramente, a lo largo de tiempo estimado los saldos serán positivo generando rentabilidad y sostenibilidad del proyecto

5. Conclusiones

Al culminar el proyecto, se puede concluir que para iniciar el diseño de la red FTTH propuesto para la empresa LYMNET, se estudió la tecnología XG-PON con el fin de cumplir con los requerimientos técnicos y teóricos detallados en la recomendación de la ITU-T G.987.1, para permitir migrar a los clientes de la infraestructura inalámbrica a una red de fibra óptica, por lo que se realizó un estudio de la actual infraestructura de radioenlaces que proporciona internet a los usuarios, seguido de un estudio de demanda de clientes para tomar una mejor alternativa de migración así permitiendo resolver varias dificultades que se mantienen con la tecnología inalámbrica, logrando proveer a los usuarios a acceder a un mejor servicio de telecomunicaciones a través de un medio de transmisión que brinde un gran ancho de banda.

Se logró determinar los requerimientos técnicos necesarios para llevar a cabo el desarrollo del diseño de la red de fibra óptica FTTH para mejorar el servicio de internet de las comunidades altas de la parroquia Tabacundo. La tecnología X-GPON permite enlaces que pueden llegar a distancia mínima de 20 km a nivel físico y 60 km a nivel lógico sin amplificadores de la señal entre la OLT y las ONUs ubicadas en el usuario final. En el presente proyecto la distancia más lejana entre la central y el usuario es menor a los 8 km, por lo tanto, se cumple con los estándares impuestos por la misma tecnología.

Una vez identificado los principales parámetros y recomendaciones para un correcto diseño de redes de acceso FTTH con tecnología XG-PON, se consideró como una mejor alternativa realizar una sectorización por etapas de migración de la red inalámbrica a la red de fibra óptica de tal forma que dicha red deba soportar los 275 usuarios en los próximos 10 años. Para poder expandir la red y así tener una mejor administración de esta, se tomó en cuenta que la OLT con tecnología XG-PON debe soportar como mínimo 64 a un máximo de 256 usuarios por

cada puerto PON. De tal forma, se requiere que la OLT tenga como máximo 8 puertos PON de donde salen los hilos de fibra óptica que conectan a dos niveles de splitter por cada hilo de fibra óptica, el primer nivel de splitteo tiene una relación 1:4 y un segundo nivel de splitter en relación de 1:16, así obteniendo un máximo de 64 clientes por cada puerto PON.

El cálculo del presupuesto óptico se realiza bajo dos escenarios distintos, el primer escenario se considera al cliente más cercano y el otro para el cliente más lejano cada uno tomando en cuenta la distancia que existe entre la OLT y la ONUs respectivos de cada usuario. De tal manera que la pérdida de potencia para el cliente más cercano es de 29.5 dB y para caso del cliente más lejano es 31.6 dB. Con estos valores, se determina el presupuesto óptico de potencia de recepción, para ello entre la OLT y la ONU según la recomendación de la ITU-T G.987.1, el cual permite una sensibilidad máxima de recepción de -27.5 dB, por tanto, la potencia de recepción en el equipo más cercano es de -23.5 dB y en el caso del cliente más lejano es de -25.6 dB, cuyos valores están por encima de la sensibilidad permitida por la recomendación de la tecnología XG-PON, de tal forma que el equipo receptor ONUs pueden funcionar sin problemas dentro del enlace óptico.

Finalmente, se puede concluir que la propuesta de implementación de una la red FTTH basado en el estándar XG-PON en beneficio de las comunidades altas de la parroquia Tabacundo es factible es decir, si existe las condiciones comerciales, técnicas y de infraestructura para concretar el proyecto, ya que los indicadores financieros como el VAN (\$91255.01) a una tasa de interés de 22,05%, y una TIR de 82,33% muestra que se percibirá una utilidad una vez recuperado el valor invertido y se podrá cubrir con los gastos que implique la red de fibra óptica.

6. Recomendaciones

Antes de empezar con el diseño es recomendable e importante dimensionar y conocer el lugar para así determinar puntos estratégicos para la ubicación de NAP principales y secundarias, de la misma forma realizar un estudio de análisis de posteo para determinar las rutas de la red Feeder, distribución y dispersión.

Es recomendable realizar solamente dos niveles de splitter primario y secundario para la red XG-PON con la finalidad de tener un óptimo funcionamiento de la red, ya que si existe un tercer nivel de splitteo aumentaría las pérdidas y las potencias que llegue a las ONUs no sería el adecuado para el correcto funcionamiento de este, debido a que estos tienen una sensibilidad hasta -28 dB.

Para que la red de acceso FTTH con tecnología XG-PON opere correctamente, es recomendable adquirir equipos activos bajo el mismo fabricante, principalmente la OLT y las ONUs, con el propósito de tener compatibilidad y que cumplan los requerimientos técnicos para que funcionen sin ningún problema.

Para la implementación de la red de fibra óptica es importante contar con personal capacitado en planta externa para evitar problemas en la construcción de la red, ya que todos los empalmes ópticos que se realizan en cada nivel de splitteo y en mangas deben ser fusionados con precisión, alta resistencia y bajas pérdidas, puesto que al ser incorrectos en estos empalmes podrían causar pérdidas de acoplamiento y generar atenuaciones de la señal óptica, por ende durante todo el trayecto de la red se debe cumplir con lo propuesto en el diseño y evitar empalmes innecesarios que pueda seguir cada vez degradando el enlace y con esto la señal óptica recibida por la ONU no sería óptimo para su correcto funcionamiento. También se debe contar

con personal técnico de mantenimiento que se rija en las especificaciones técnicas de cada fabricante tanto de los equipos activos OLT y ONUs con el propósito de prevenir daños.

Finalmente, es recomendable realizar una cotización de equipos activos y demás materiales que componen la red de acceso FTTH a diferentes distribuidores, para realizar un presupuesto económico real. También, se deben establecer tablas de índice de ganancias futuras generadas por el proyecto y con base en esto realizar futuras implementaciones en otras comunidades aledañas, ya que el diseño de la red es escalable y se puede lograr un crecimiento de abonados con los hilos de fibra óptica disponible así alcanzando una mayor participación y competencia en el mercado de las telecomunicaciones.

7. Referencias

- Agusto Duarte, M. L., & Guerrero Culqui, F. S. (2020). *Diseño e implementación de un modelo educativo de fibra óptica para desarrollo de prácticas en el laboratorio de comunicaciones ópticas*. Guayaquil, Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana.
Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/19459/1/UPS-GT003022.pdf>
- Almache, J. (2020). *Diseño de la red XG-PON para la empresa SAI MYSER TELECOM de la parroquia San Antonio de Pichincha*. Quito.
- Alustiza, D. H., López, A., Mineo, M., & Russo, N. A. (2022). Introducción a los sensores de fibra óptica para el monitoreo de salud de estructuras civiles. *Ingenio Tecnológico*, 4.
Obtenido de http://portal.amelica.org/ameli/journal/266/2663014002/html/#redalyc_2663014002_ref3
3
- Alvino, C. (5 de Mayo de 2021). *Estadísticas de la situación digital de Ecuador en el 2020-2021*. Obtenido de Branch: <https://branch.com.co/marketing-digital/estadisticas-de-la-situacion-digital-de-ecuador-en-el-2020-2021/>
- Arauz, F. E., Torres, S., Cabrera, C., Merino, C., & Benz, E. (2018). Goniómetro adaptado para la observación de los fenómenos y medición de los parámetros que intervienen en las leyes de refracción y reflexión de bajo costo. *EXTENSIONISMO, INNOVACIÓN Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA*, 4. doi:<http://dx.doi.org/10.30972/eitt.402868>
- ARCOTEL. (Noviembre de 2020). Servicio de acceso a internet. *Boletín Estadístico*, 34.
Obtenido de <https://www.arcotel.gob.ec/wp-content/uploads/2020/12/BOLETIN-NOVIEMBRE-2020-25-11-2020.pdf>

- ARCOTEL. (2021). *El Directotio de la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones- RESOLUCIÓN 01-01-ARCOTEL-2021*. Quito: Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones. Obtenido de <https://www.arcotel.gob.ec/wp-content/uploads/2021/04/Resolucion-ARCOTEL-2021-01-01.pdf>
- Banco Central del Ecuador. (Agosto de 2022). *TASAS DE INTERÉS ACTIVAS EFECTIVAS REFERENCIALES VIGENTES PARA EL SECTOR FINANCIERO PRIVADO, PÚBLICO Y POPULAR Y SOLIDARIO*. Obtenido de <https://contenido.bce.fin.ec/documentos/Estadisticas/SectorMonFin/TasasInteres/TasasVigentes082022.htm>
- Cabrerizo, D. M. (2020). *Física y Química* (Vol. 2). Editex.
- Cacuango, L. (17 de Febrero de 2022). Entrevista general para la implementacion de la red FTTH con tecnología XG-PON. (S. Fernández, Entrevistador)
- Campo, J., & Romo, C. (2019). *Diseño de una red de accesos para brindar servicios triple play con tecnología GPON (Gigabit-Capable Passive Optical Network) y plan de certificación de la ODN (Optical Distribution Network) implementada para el sector “El Dorado” en la ciudad de Puyo*. Ecuador .
- Castro , R. (2019). *Diseño de una red FTTH basado en el estándar GPON para la conexión de videocámaras para el distrito de San Martin de Porres*. Perú.
- Castro. (2019). *Diseño e implementación de la fibra óptica para la Universidad Nacional Tecnológico de Lima Sur*. Lima: Universidad Nacional Tecnológico de Lima Sur.

Chan, A. E. (2020). *Fibra Óptica: Evolución, Estándares y Aplicaciones*. Chetumal, México: Universidad de Quintana ROO.

Cianet. (2019). Tecnología xGPON. *Cianet*.

CNT. (2012). Normativas de diseño y construcción de redes de telecomunicaciones con fibra óptica. Corporación Nacional de Telecomunicaciones.

Conde, L. (2017). Interconexión mediante tecnología GPON en una ciudad Inteligente: Caso de estudio Ciudad de Loja (Ecuador). *ESPACIOS*, 39(3), 12-25.

Connection. (2021). FTTH Drop Cable 2 fibers. 2. Obtenido de https://drive.google.com/file/d/1L75AqIBxjZcaYIn_tAi4kD20dEg3ZrFU/view

Díaz, N., García, Y., Hernández, M., & Ruiz, V. (2009). *Finanzas corporativas en la práctica*. Madrid: Delta Publicaciones Universitarias.

Drimport. (2022). *Innovación en Telecomunicaciones*. Obtenido de <https://importfiber.com/>

El Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de las Naciones Unidas. (1 de Enero de 2021). *Countrymeters*. Obtenido de Población de Ecuador: <https://countrymeters.info/es/Ecuador>

FiberOptic. (2022). *meFiberOptic.com*. Obtenido de Productos Huawei: <https://mefiberoptic.com/product/huawei-echolife-hn8546q-ont-10ge-gpon-onu/>

GAD Municipal del Cantón Pedro Moncayo. (2021). Mapa de las Comunidades del Cantón Pedro Moncayo. (D. d. Catastros, Ed.) *Actualización Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial 2021-2023*, 332.

- Gaona, L., & Santillán, L. (2019). *Análisis de factibilidad del área técnica y diseño de una red FTTH GPON en el sector de Cumbayá*. . Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/4159>
- Grazzini, H. O. (2020). *Conceptos teóricos y aplicaciones prácticas*. (J. Sarmiento, Ed.) Córdoba, Argentina: Universitas. Obtenido de <https://elibro.net/es/ereader/utnorte/175155>
- Guaña, E. (2019). *Diseño de redes FTTH con enfoque Qos*. Quito: Universidad Tecnológica Israel.
- Guzmán, A. C. (2018). *Diseño de una red de acceso en un sector residencial para proveer servicios triple play utilizando tecnología de red GEPON para la empresa TELCONET S.A*. Quito: Escuela Politécnica Nacional.
- Hartog, A. H. (2017). *An Introduction to Distributed Optical Fibre Sensors*. CRC Press. doi:<https://doi.org/10.1201/9781315119014>
- Hernández , J., Cadena, E., & Montero, J. (2021). Diseño de una red para proporcionar servicio de Internet inalámbrico implementando metodología Top-Down Network Design. *INCAING*.
- Hernández, E. (2018). *Tecnología e implementación de fibra óptica en la instrumentación de control industrial*. Guatemala.
- LATIC. (2021). Producto Fibra óptica MINI-ADSS. 5. Obtenido de <https://laticcolombia.s3.sa-east-1.amazonaws.com/wp-content/uploads/2022/02/16154109/1010201020038-1010201020039-fibra-mini-adss-asu-latic-colombia.pdf>

- Lymnet. (2020). Lymnet Conectando al Mundo-Visión. Tabacundo, Pichincha, Ecuador.
Obtenido de <http://www.lymnet.net/pgs/index.php>
- LYMNET. (24 de Mayo de 2022). Router Mikrotik ISP. Tabacundo, Pichincha, Ecuador.
- Macas, E. M. (2022). *Análisis técnico comparativo entre las tecnologías de redes de acceso óptico GPON y XGS-PON*. Quito, Ecuador: Escuela Politécnica Nacional.
- Marino, A. (2017). Interconexión de datos de tecnología de red óptica pasiva con capacidad de Gigabit en colegios distritales. *TELEMATIQUE*, 16, 26.
- Merocom. (2022). Material de conexión - Roseta óptica. *Merocom Solutions*. Obtenido de <https://merocomolutions.com/product/roseta-optica-2-puertos-simple>
- Millán, J. M. (2018). *Técnicas y procesos en infraestructuras de telecomunicaciones*. (M. López Raso, Ed.) Madrid, España: Paraninfo.
- MINTEL. (2021). *Informe de Rendición de Cuentas 2020*. (L. A. Michelena-Ministro, Ed.) Quito, Pichincha, Ecuador: Ministerio de Telecomunicaciones y. Obtenido de https://www.telecomunicaciones.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/05/RENDICI%C3%93N-DE-CUENTAS-2020-EDITADO_compressed.pdf
- Optictimes. (2018). La naturaleza y las ventajas de la red PON. *Optictimes Tecnologías*.
Obtenido de <https://www.ftthtec.com/news/the-nature-and-advantages-of-pon-network-17772741.html>
- OptyTECH. (2021). Distribuidor de fibra óptica. *Equipos y Accesorios de Telecomunicaciones*.

- OptyTECH. (2021). Especificaciones Manga tipo Domo. *Equipos y accesorios de Telecomunicaciones*, 6.
- Pérez, A. (2021). *Instalaciones de Telecomunicaciones*. (M. López , Ed.) Madrid, España: Paraninfo.
- Pozo, L., & Zurita, K. (2019). *Diseño y simulación de una red de acceso 10G-PON para el sector de La Mariscal. Escuela Politécnica Nacional*. Quito .
- Quiñonez, É. P. (2018). La viabilidad de un proyecto, el valor actual neto (VAN) y la tasa interna de retorno (TIR). *Pro Sciences*, 2(17), 7. doi: <http://dx.doi.org/10.29018/issn.2588-1000vol2iss17.2018pp9-15>
- Ramos, C., Marreiros, G., & Parra, J. (2022). *Proceedings of the IV Workshop on Disruptive Information and Communication Technologies for Innovation and Digital Transformation*. Salamanca, España: Universidad de Salamanca.
- Recomendación UIT-T G.957. (2006). *Interfaces ópticas para equipos y sistemas relacionados con la jerarquía digital síncrona*. Ginebra, Suiza: Unión Internacional de Telecomunicaciones.
- Recommendation ITU-T G.652. (2016). *Transmission media and optical systems characteristics – Optical fibre cables*. Ginebra: International Telecommunication Union.
- Recommendation ITU-T G.987.1. (2020). *G.987.1 10-Gigabit-capable passive optical networks (XG-PON): General requirements*. Ginebra: Unión Internacional de Telecomunicaciones.
- Recommendation ITU-T-G.987.2. (2020). *Series G: Transmission Systems and Media, Digital Systems and Networks Digital sections and digital line system – Optical line systems for*

- local and access networks. 10-Gigabit-capable passive optical networks (XG-PON): Physical media dependent (PMD) (Vol. 3). Ginebra, Suiza: UIT-T.*
- Recommendation-ITU-T.G.671. (2019). *Transmission characteristics of optical components and subsystems*. Ginebra, Suiza: Unión Internacional de Telecomunicaciones.
- Recommendation-ITU-T.L.36. (2015). *Single-mode fibre optic connectors*. Ginebra, Suiza: Unión Internacional de Telecomunicaciones.
- Recommendation-ITU-T-G.987. (2020). *Series G: Transmission Systems and Media, Digital Systems and Networks Digital sections and digital line system –Optical line systems for local and access networks. 10-Gigabit-capable passive optical network (XG-PON) systems: Definitions, abbreviations an*. Ginebra, Suiza: ITU-T.
- Recommendation-ITU-T-G.987.1. (2020). *Series G: Transmission Systems and Media, Digital Systems and Networks Digital sections and digital line system –Optical line systems for local and access networks. 10-Gigabit-capable passive optical networks (XG-PON): General requirements Corrigendum 1*. (2 ed.). Ginebra, Ginebra: UIT-T.
- Recommendation-ITU-T-G.987.3. (2021). *Series G: Transmission Systems and Media, Digital Systems and Networks Digital sections and digital line system –Optical line systems for local and access networks. 10-Gigabit-capable passive optical networks (XG-PON): Transmission convergence (TC) (Vol. 3)*. Ginebra, Suiza: ITU-T.
- Recommendation-ITU-T-L.400/L.12. (2022). *Optical fibre splices*. Ginebra, Suiza: Union Internacional de Telecomunicaciones.

- RedFTTH. (2022). *Inteligente software para Diseño de red FTTH*. Obtenido de <https://redftth.com/>
- Revelo, M. (2019). Análisis de Normativas para Redes GPON y la Calidad de. *Journal Recinatur Internacional*, 2(1), 12-23.
- San Román, E., & San Román, C. (2017). Redes de acceso y transmisión de Fibra Óptica: alternativas de políticas y regulaciones. *Círculo de Derecho Administrativo*, 10. Obtenido de <https://revistas.pucp.edu.pe/index.php/derechoadministrativo/article/view/13517/14143>
- Sánchez, J. (2018). *Análisis evolutivo de las redes de acceso de fibra óptica*. Guayaquil.
- Sbetech. (2021). Cable de fibra óptica ADSS 6 Hilos MONOMODO.
- SilexFiber. (2021). Divisor Splitter Optico PLC planar SC APC. *Silex Fiber*, 5.
- SincablesEC. (2022). *SinCables.ec*. Obtenido de CFO-4716 Connection caja NAP 16 Hilos Vacía IP65 FTTH GPON: <https://www.sincables.com.ec/product/connection-cfo-4716-caja-nap-16hilos-vacia/>
- Sitnet. (2019). Tecnología FTTx. *SITNET Telecomunicaciones*.
- TeachTarget. (2020). Fibra hasta el hogar (Fiber to the home o FTTH). *ComputerWeekly.es*. Obtenido de <https://www.computerweekly.com/es/definicion/Fibra-hasta-el-hogar-Fiber-to-the-home-o-FTTH>
- Thunder-link. (2022). *Thunder Link International Co. Ltd*. Obtenido de https://www.thunder-link.com/huawei-ma5800-x2_p1428.html

UNICOM; DIMPOR. (2022). Cotización de materiales para la implementación de una red FTTH con tecnología XG-PON. Quito, Pichincha, Ecuador.

YCICT. (2022). *Productos Huawei para redes FTTH*. Obtenido de <https://www.ycict.net/es/products/huawei-hn8546q-ftth/>

8. ANEXOS

8.1.ANEXO A. Constancia de contrato con el proveedor NEDETEL



Quito, 27 de Agosto de 2021

**SEÑORES
AGENCIA DE REGULACION Y CONTROL DE TELECOMUNICACIONES
ARCOTEL
CIUDAD**

GQN-01102-022

Por medio de la presente mí representada una empresa que está autorizada por el Estado Ecuatoriano a ofrecer los servicios de Servicios Portadores e Internet a nivel Nacional, pone a su conocimiento que está en facultad de ofrecer el servicio de capacidad de salida internacional al Internet a María Mercedes Catucuago Cabascango con RUC:1715245690001, con las siguientes características:

NODO

Provincia: Pichincha.
Cantón: Pedro Moncayo
Parroquia: Tabacundo
Dirección: VIA GUAYLLABAMBA TABACUNDO, SECTOR LA Y,
BOMBA DE GASOLINA
Capacidad: 500MB.
Coordenadas: 78°12'07.6"W, 0°02'45.3"N

Por la atención prestada a la presente, quedo de ustedes.

Atentamente,

**ING. FERNANDO MENA
GERENTE REGIONAL QUITO
NEDETEL S. A.**

8.2. ANEXO B. Coordenadas de postes

#	N POSTE	COMENTARIO	COORDENADA_X	COORDENADA_Y
1	P_7224	Z3P436	811342,57	10003647,98
2	P_1575	Z1P1686	811362,74	10007671,43
3	P_7214	Z3P426	811409,33	10003284,28
4	P_1491	Z1P1599	811595,55	10005201,39
5	P_7210	Z3P422	811379,76	10003173,67
6	P_7215	Z3P427	811420,99	10003345,53
7	P_7223	Z3P435	811340,13	10003559,18
8	P_1770	Z1P1889	810863,64	10009769,86
9	P_1802	Z1P1921	810413,53	10008933,52
10	P_1801	Z1P1920	810446,95	10008874,03
11	P_1804	Z1P1923	810372,87	10009007,88
12	P_1780	Z1P1899	810590,83	10008775,86
13	P_1777	Z1P1896	810750,8	10008704,42
14	P_1886	Z1P2005	809852,46	10010444,15
15	P_1576	Z1P1687	811375,74	10007633,14
16	P_1577	Z1P1688	811385,45	10007594,79
17	P_1578	Z1P1689	811402,06	10007556,97
18	P_1579	Z1P1690	811412,92	10007521,15
19	P_1580	Z1P1691	811423,74	10007483,17
20	P_7270	Z3P483	811514,26	10005091,63

21	P_7271	Z3P484	811524,13	10005099,57
22	P_7272	Z3P485	811545,45	10005112,34
23	P_7273	Z3P486	811572,74	10005142,31
24	P_1442	Z1P1549	811639,14	10005960,4
25	P_1636	Z1P1747	811350,75	10007706,14
26	P_1637	Z1P1748	811339,08	10007748,96
27	P_1638	Z1P1749	811329,12	10007783,14
28	P_1639	Z1P1750	811319,47	10007821,41
29	P_1673	Z1P1785	811089,93	10008743,37
30	P_7216	Z3P428	811425,01	10003425,08
31	P_7217	Z3P429	811433,56	10003478,76
32	P_7226	Z3P438	811359,31	10003763,91
33	P_7227	Z3P439	811349,66	10003839,65
34	P_7228	Z3P441	811337,31	10003937,08
35	P_7256	Z3P469	811844,75	10002963,51
36	P_7222	Z3P434	811344,37	10003597,15
37	P_1581	Z1P1692	811431,35	10007442,92
38	P_1582	Z1P1693	811441,38	10007404,23
39	P_1640	Z1P1751	811311,83	10007860,65
40	P_1641	Z1P1752	811299,64	10007909,46
41	P_1642	Z1P1753	811291,63	10007948,82
42	P_1647	Z1P1758	811213,15	10008260,54
43	P_1769	Z1P1888	811039,73	10009653,98

44	P_1771	Z1P1890	810710,14	10009854,26
45	P_1772	Z1P1891	810623,8	10009903,82
46	P_1773	Z1P1892	810535,92	10009948,55
47	P_1774	Z1P1893	810913,66	10008716
48	P_1775	Z1P1894	810848,57	10008683,75
49	P_1776	Z1P1895	810805,71	10008679
50	P_1441	Z1P1548	811638,55	10005912,18
51	P_1778	Z1P1897	810727,86	10008715,56
52	P_1779	Z1P1898	810712,98	10008759,12
53	P_1781	Z1P1900	810550,06	10008772,59
54	P_1782	Z1P1901	810496,99	10008775,65
55	P_1798	Z1P1917	810469,88	10008830,18
56	P_1803	Z1P1922	810394,55	10008966,44
57	P_1805	Z1P1924	810337,64	10009068,11
58	P_1823	Z1P1942	810236,23	10009190,35
59	P_1819	Z1P1938	810259,31	10009085,45
60	P_1657	Z1P1768	811189,89	10008306,93
61	P_1658	Z1P1769	811176,66	10008363,9
62	P_1659	Z1P1770	811160,24	10008442,88
63	P_1660	Z1P1771	811150,43	10008511,03
64	P_1676	Z1P1788	811042,58	10008680,88
65	P_7198	Z3P410	811912,83	10003096,72
66	P_7207	Z3P419	811404,79	10003225,96

67	P_7208	Z3P420	811379,41	10003205,43
68	P_1479	Z1P1586	811641,68	10006001,62
69	P_1480	Z1P1587	811649	10006092,7
70	P_1481	Z1P1588	811653,79	10006184,19
71	P_1482	Z1P1589	811658,32	10006275,93
72	P_1483	Z1P1590	811661,54	10006321,15
73	P_1484	Z1P1591	811663,23	10006364,09
74	P_1485	Z1P1592	811667,21	10006433,7
75	P_1488	Z1P1595	811674,02	10006561,18
76	P_1486	Z1P1593	811670,12	10006496,46
77	P_7164	Z3P376	811402,66	10005015,28
78	P_17775	C3P293	811570,32	10006851,5
79	P_17776	C3P294	811588,3	10006932,47
80	P_17778	C3P296	811545	10006933,65
81	P_17781	C3P299	811553,59	10006961,97
82	P_7354	Z3P568	811826,1	10003237,95
83	P_7280	Z3P493	811441,4	10005014,12
84	P_17745	C3P257	811664,32	10006886,58
85	P_1926	Z1P2045	809985,63	10009976,72
86	P_1927	Z1P2046	809969,92	10010003,76
87	P_1928	Z1P2047	809954,29	10010034,16
88	P_1929	Z1P2048	809944,03	10010054,95
89	P_7369	Z3P583	811593,27	10005168

90	P_1714	Z1P1831	810961,02	10008740,07
91	P_1717	Z1P1834	811171,99	10008883,27
92	P_1719	Z1P1836	811283,46	10008995,02
93	P_1726	Z1P1843	811330,08	10009047,66
94	P_1749	Z1P1868	811236,96	10009343,45
95	P_1750	Z1P1869	811193,34	10009413,13
96	P_1753	Z1P1872	811155,37	10009477,96
97	P_1754	Z1P1873	811123,81	10009531,99
98	P_1670	Z1P1782	811008,96	10008714,32
99	P_1671	Z1P1783	811028,68	10008693,45
100	P_1925	Z1P2044	810005,78	10009937,88
101	P_1932	Z1P2051	810023,46	10009910,62
102	P_1933	Z1P2052	810041,41	10009879,39
103	P_1934	Z1P2053	810055,5	10009857,5
104	P_1935	Z1P2054	810083,05	10009808,69
105	P_1936	Z1P2055	810103,08	10009776,35
106	P_1937	Z1P2056	810121	10009740,84
107	P_1939	Z1P2058	810149,43	10009655,9
108	P_1940	Z1P2059	810183,25	10009567,83
109	P_17763	C3P281	811645,44	10006867,12
110	P_17764	C3P282	811619,85	10006851,13
111	P_17765	C3P283	811639,31	10006833,07
112	P_17766	C3P284	811638,87	10006815,31

113	P_1672	Z1P1784	811064,59	10008719,48
114	P_1900	Z1P2019	810191,07	10010488,44
115	P_1492	Z1P1600	811597,84	10005241,75
116	P_1493	Z1P1601	811600,09	10005277,04
117	P_1494	Z1P1602	811602,08	10005316,4
118	P_2875	Z1P3533	810738,54	10009764,38
119	P_2876	Z1P3534	811722,38	10009075,41
120	P_7498	Z3P1571	811284,64	10005017,92
121	P_3119	Z1P5313	810193,21	10010442,96
122	P_3120	Z1P5314	810209,87	10010396,89
123	P_3121	Z1P5315	810224,82	10010358,89
124	P_3122	Z1P5316	810237,01	10010326,14
125	P_3123	Z1P5317	810256,25	10010284,86
126	P_3198	Z1P5408	811229,44	10006984,12
127	P_3197	Z1P5407	811280,62	10006995,04
128	P_3195	Z1P5405	811442,12	10007028,74
129	P_7574	Z3P5339	811268,8	10005017,96
130	P_3201	Z1P5411	811233,94	10008168,19
131	P_3247	Z1P5466	811676,45	10006882,96
132	P_3248	Z1P5467	811672,6	10006843,41
133	P_3249	Z1P5468	811673,12	10006802,71
134	P_3250	Z1P5469	811672,89	10006760,02
135	P_3251	Z1P5470	811673,67	10006720,32

136	P_3252	Z1P5471	811674,4	10006681,99
137	P_3253	Z1P5472	811674,77	10006642,45
138	P_3254	Z1P5473	811675	10006601,89
139	P_3255	Z1P5474	811657,15	10006229,18
140	P_3257	Z1P5476	811644,92	10006046,34
141	P_3256	Z1P5475	811650,99	10006137,55
142	P_3258	Z1P5477	811635,03	10005876,77
143	P_3259	Z1P5478	811631,03	10005833,77
144	P_3260	Z1P5479	811630,54	10005795,53
145	P_3261	Z1P5480	811625,6	10005755,68
146	P_3262	Z1P5481	811626,41	10005712,82
147	P_3263	Z1P5482	811623,14	10005674,37
148	P_3264	Z1P5483	811620,75	10005635,4
149	P_3265	Z1P5484	811617,27	10005594,09
150	P_3266	Z1P5485	811615,98	10005554,3
151	P_3268	Z1P5487	811612,27	10005476,3
152	P_3269	Z1P5488	811608,22	10005435,61
153	P_3270	Z1P5489	811607,68	10005394,39
154	P_3271	Z1P5490	811604,16	10005356,52
155	P_3267	Z1P5486	811613,84	10005514,35
156	P_7599	Z3P5539	811374,34	10003124,19
157	P_7600	Z3P5540	811375,58	10003044,3
158	P_7601	Z3P5541	811380,16	10002965,12

159	P_916010	Z1P5664	811294,37	10009333,86
160	P_916009	Z1P5663	811321,92	10009316,71
161	P_916008	Z1P5662	811354,02	10009297,68
162	P_916007	Z1P5661	811384,66	10009278
163	P_916006	Z1P5660	811417,39	10009259,22
164	P_916005	Z1P5659	811456,81	10009241,37
165	P_916004	Z1P5658	811490,86	10009221,97
166	P_916003	Z1P5657	811524,2	10009201,26
167	P_916002	Z1P5656	811558,67	10009180,44
168	P_916001	Z1P5655	811592,24	10009159,02
169	P_916000	Z1P5654	811626,48	10009138,43
170	P_915999	Z1P5653	811661,97	10009119,77
171	P_915998	Z1P5652	811696,51	10009098,36
172	P_7434	Z3P652	811344,03	10005015,83
173	P_7437	Z3P655	811458,64	10005076,7
174	P_7438	Z3P656	811482,13	10005092,15
175	P_18252	C3P781	811624,78	10006840,35
176	P_18290	C3P821	811541,48	10006971,26
177	P_18291	C3P822	811521,98	10006940,75
178	P_7442	Z3P660	811427,46	10003375,42
179	P_159090	N3P29	811901,39	10003239,2
180	P_159091	N3P30	811880,7	10003238,43
181	P_159093	N3P32	811774,34	10003239,35

182	P_159094	N3P33	811707,24	10003235,94
183	P_159095	N3P34	811642,97	10003226,61
184	P_159096	N3P35	811628,05	10003232,6
185	P_159097	N3P36	811618,67	10003288,4
186	P_159098	N3P37	811609,75	10003340,6
187	P_159099	N3P38	811590,2	10003340,27
188	P_159100	N3P39	811511,62	10003338,95
189	P_159101	N3P40	811444,85	10003338,14
190	P_159103	N3P42	811434,33	10003445,69
191	P_159104	N3P43	811430,25	10003526,96
192	P_159105	N3P44	811414,95	10003540,1
193	P_159106	N3P45	811349,33	10003541,08
194	P_159109	N3P48	811375,53	10003685,21
195	P_159112	N3P51	811350,28	10003915,6
196	P_159113	N3P52	811341,64	10003998,89
197	P_159114	N3P53	811354,46	10004071,98
198	P_159115	N3P54	811372,48	10004151,04
199	P_159116	N3P55	811392,72	10004230,21
200	P_159117	N3P56	811400,39	10004320,74
201	P_159118	N3P57	811403,49	10004387,94
202	P_159119	N3P58	811405,04	10004469,75
203	P_159120	N3P59	811400,22	10004499,92
204	P_159121	N3P60	811368,76	10004579,05

205	P_159122	N3P61	811357,32	10004656,11
206	P_159123	N3P62	811335,52	10004742,06
207	P_159124	N3P63	811318,18	10004809,27
208	P_159125	N3P64	811300,62	10004884,47
209	P_159126	N3P65	811286,49	10004949,22
210	P_159127	N3P66	811269,94	10005012,34

8.3.ANEXO C. Cotización UNICOM



Nombre comercial: UNICOM EC
Razón Social: EC-UNICOM S.A.S.
RUC/Ci: 1793111017001
Dirección: YASUNI N44-257 Y AV. EL INCA,
 QUITO-ECUADOR
Correo: facturacion@unicomec.com
Teléfono: 999452816

COTIZACION:

No. 202207001398

Cliente:
 CATUCUAGO CABASCANGO MARIA MERCEDES
Ci/RUC:
 1715245690001
Dirección:
 N/A
Teléfono:
 N/A
Ciudad:
 CAYAMBE
Fecha Emisión:
 15/07/2022

#	Item	Detalle adicional	Descripción	Cantidad	Precio	%Desc	Desc	Subtotal
1	ADSS-6Core-span120m-single sheath - 411	BOBINAS 4KM 120 SPAN		2.00 KM	\$1.53500	0.00%	\$0.00	\$3.07
2	FLEJE-1/2 - 201 12.7mm*0.7mm /45meter?con porta fleje - 475	45 METROS		4.00 Unid.	\$25.00000	2.00%	\$2.00	\$98.00
3	FLEJE-3/4 - 201 19mm*0.7mm / 45metros - 884	45 METROS		4.00 Unid.	\$26.50000	2.00%	\$2.12	\$103.88
4	FYTEC -- ASU cable 6 cores - 100m span 3km/drum - 888	BOBINAS 3KM 100M SPAN	G652D, HDPE DIAMETER 7.1 mm FRP 2 mm	3.00 Unid.	\$930.00000	2.00%	\$55.80	\$2,734.20
5	GANCHOS DE DISPERSION 4.6mm - 881			100.00 Unid.	\$0.42000	0.00%	\$0.00	\$42.00
6	HEBILLA CM-304 1/2 - 100PCS - 436			400.00 Unid.	\$0.20000	2.00%	\$1.60	\$78.40
7	HEBILLA CM-305 3/4 - 100PCS - 437			400.00 Unid.	\$0.22000	2.00%	\$1.76	\$86.24
8	HERRAJE TIPO A - 346			210.00 Unid.	\$1.60000	2.00%	\$6.72	\$329.28
9	HUAWEI TARJETA XGBD 8 XPON PORT 10G SFP 8 Na+ - 898	TARJETA XGPON 10G		1.00 Unid.	\$1180.00000	0.00%	\$0.00	\$1,180.00
10	MINI MANGA TIPO MOCHLA 48 CORES- GJS-301 - 239			2.00 Unid.	\$22.00000	0.00%	\$0.00	\$44.00
11	NAP CTO IP65 1X16 APC CON 16 ADAPTADORES Y SPLITTER 1 X 16 SC / APC - 458			24.00 Unid.	\$26.00000	3.84%	\$23.96	\$600.04
12	NAP Mirco PLC --IP68 con SC/UPC adapter and 1x16 SC/UPC - 363			4.00 Unid.	\$52.00000	1.92%	\$3.99	\$204.01
13	ODF 12 CORES CON SC/APC PIGTAIL Y adaptadores - 369			1.00 Unid.	\$38.00000	0.00%	\$0.00	\$38.00

14	OLT HUAWEI MA5680T - 1xSCUN2 -1xX2CS - 2xPRTE + 2x10Guplink - 461-3	CHASIS 5680 + FUENTE EXTERA	1X TARJETA DE CONTROL 1 x TARJETA DE UPLINK CON 2 PUERTOS 10G 2x TARJETAS DE PODER 2 x SFP HUAWEI 10G 10KM	1.00 Unid.	\$1990.00000	0.00%	\$0.00	\$1,990.00
15	OPTICTIMES Drop cable 2km/drumG657A2 2core, 1.0mm steel, 2FPR, outdoor - 718			15.00 Unid.	\$155.00000	2.00%	\$46.50	\$2,278.50
16	PATCHCORD SM Simplex G657A2 SC/APC- SC/UPC 3mm 2 MTS LSZH - 244			275.00 Unid.	\$1.38000	2.00%	\$7.59	\$371.91
17	PINZA TENSORA PLASTICA PARA FLAT , ASU, ADSS - 387	CERTIFICADA CNT		420.00 Unid.	\$1.05000	5.00%	\$22.05	\$418.95
18	ROSETA PEQUENA - Terminal box 1 x2 VACIA - 478			275.00 Unid.	\$0.68000	0.00%	\$0.00	\$187.00
19	Splitter Fusion 1x16 Fiber 0.9mm1M - 256			24.00 Unid.	\$10.50000	0.00%	\$0.00	\$252.00
20	Splitter FUSION 1x4 Fiber 0.9mm 1M - 258			4.00 Unid.	\$4.40000	0.00%	\$0.00	\$17.60
21	TUBILLO - Drop Heat tube 2X60mm - 732			100.00 Unid.	\$0.05000	0.00%	\$0.00	\$5.00

Información Adicional

Descripción:	ENVIO POR GESTIONAR
Vendedor:	GUERRA EDINSON
Garantía:	Contra defectos de fábrica, según garantía del fabricante.
Forma de Pago:	Inmediato transferencia, depósito.
Usuario:	Edinson Francisco Guerra Hidalgo

Descuento:	\$174.09
Subtotal 12 %:	\$11,062.08
Subtotal 0%:	\$0.00
IVA:	\$1,327.45
Total:	\$12,389.53
Saldo:	\$12,389.53

8.4.ANEXO D. Cotización DRIMPOR



OSCAR DANIEL ROSERO HERNANDEZ

Quito-Ecuador

RUC: 0401516844001

096 936 3740 / 099 206 6783 / 0987668120

contabilidad@drimpor.com

Bill To
CATUCUAGO CABASCANGO MARIA MERCEDES

PICHINCHA / PEDRO MONCAYO / TABACUNDO /
PANAMERICANA S/N

RUC: 1715245690001

0980509620

luis_cacuango1980@hotmail.com

Nº de Cotización: EST-01099

Fec. Creación: 15 jul. 2022

Fec. Vencimiento: 15 jul. 2022

Items	Cantidad	Precio	Descuento	Total
SPLITTER 1X4 CONECTORIZADO SPLITTER 1X4 CONECTORIZADO Nota: APC	4	\$8.00	\$0.00	\$32.00
SPLITTERS 1X16 APC SPLITTER 1X16 APC	24	\$11.95	\$0.00	\$286.80
MANGA MECÁNICA TIPO DOMO 12/24 HILOS M1	2	\$50.00	\$0.00	\$100.00
CAJA NAP IP68 1X8 SC/APC COMPLETA CAJA NAP IP68 1X8 SC/APC COMPLETA	4	\$45.00	\$0.00	\$180.00
CAJAS NAP IP65 1X16 APC COMPLETAS CAJAS NAP IP65 1X16 APC COMPLETAS	24	\$25.00	\$0.00	\$600.00

Items	Cantidad	Precio	Descuento	Total
ROSETAS VACIAS ROSETAS VACIAS	275	\$0.75	\$0.00	\$206.25
Bobina Cable ADSS (6 Hilos-4Km) Bobina Cable ADSS (6 Hilos-4Km)	2	\$1,550.00	\$0.00	\$3,100.00
CABLE MINI ADSS 6 HILOS 4KM SPAM 80-100 CABLE MINI ADSS 6 HILOS 4KM SPAM 80-100	3	\$1,420.00	\$0.00	\$4,260.00
Bobina Cable DROP (2 Hilos-2Km) Bobina Cable DROP (2 Hilos-2Km)	15	\$153.00	\$0.00	\$2,295.00
CINTAS ACERADAS DE 1/2 CINTAS ACERADAS DE 1/2	4	\$19.00	\$0.00	\$76.00
FUNDA DE HEBILLAS DE 1/2 FUNDA DE HEBILLAS DE 1/2 DE 100 UNIDADES Nota: FUNDAS DE 100	2	\$19.00	\$0.00	\$38.00
CINTAS ACERADAS 3/4 CINTAS ACERADAS 3/4	4	\$21.50	\$0.00	\$86.00
HEBILLAS 3/4 X100UNIDADES HEBILLAS 3/4X100UNIDADES	2	\$21.00	\$0.00	\$42.00
PATCHCORD SC/UPC-SC/APC 2M PATCHCORD SC/UPC-SC/APC 2M	275	\$1.75	\$0.00	\$481.25
HERRAJE TIPO A SIN EXTENSION HERRAJE TIPO A SIN EXTENSION	210	\$2.25	\$0.00	\$472.50
PINZAS DE ANCLAJE PINZAS DE ANCLAJE	420	\$0.95	\$0.00	\$399.00

Items	Cantidad	Precio	Descuento	Total
Ganchos de Dispersión	100	\$0.30	\$0.00	\$30.00
TUBILLOS DE FUSION TUBILLOS DE FUSION	100	\$0.15	\$0.00	\$15.00

Subtotal IVA 12: \$12,699.80

Subtotal IVA 0: \$0.00

Subtotal: \$12,699.80

IVA 12 (12%): \$1,523.98

Total: \$14,223.78