

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES



TEMA:

AMPLIACIÓN DE RED DE FIBRA ÓPTICA FTTH CON LA TECNOLOGÍA GPON DE LA EMPRESA TELENLACES SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES S.A. PARA BRINDAR SERVICIO DE INTERNET EN EL SECTOR DE LA PARROQUIA PIOTER

Trabajo de Grado previo a la obtención del título de Ingeniero en Telecomunicaciones.

AUTOR:

Viviana Yomaira Yucailla Muzo

DIRECTOR:

MSc. Fabián Geovanny Cuzme Rodríguez

Ibarra, 2024



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN

A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. 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:

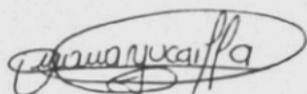
DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	0401490461		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Yucailla Muzo Viviana Yomaira		
DIRECCIÓN:	Ibarra – Barrio El Olivo		
EMAIL:	vyyucaillam@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:	-----	TELÉFONO MÓVIL:	0988118967
DATOS DE LA OBRA			
TÍTULO:	AMPLIACIÓN DE RED DE FIBRA ÓPTICA FTTH CON LA TECNOLOGÍA GPON DE LA EMPRESA TELENLACES SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES S.A. PARA BRINDAR SERVICIO DE INTERNET EN EL SECTOR DE LA PARROQUIA PIOTER		
AUTOR (ES):	Yucailla Muzo Viviana Yomaira		
FECHA: DD/MM/AAAA	24/01/2024		
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO			
PROGRAMA:	X PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO		
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniera en Telecomunicaciones		
ASESOR /DIRECTOR:	MSC. Fabián Cuzme		

2. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es 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 8 días del mes de febrero de 2024.

EL AUTOR:



Viviana Yomaira Yucailla Muzo

C.I.: 0401490461



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CERTIFICACIÓN:

MAGÍSTER CUZME RODRÍGUEZ FABIÁN GEOVANNY, DIRECTOR DEL PRESENTE TRABAJO DE TITULACIÓN CERTIFICA:

Que el presente trabajo de Titulación AMPLIACIÓN DE RED DE FIBRA ÓPTICA FTTH CON LA TECNOLOGÍA GPON DE LA EMPRESA TELENLACES SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES S.A. PARA BRINDAR SERVICIO DE INTERNET EN EL SECTOR DE LA PARROQUIA PIOTER, ha sido desarrollado por la señorita Yucailla Muzo Viviana Yomaira bajo mi supervisión.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad.

MSc. Fabián G. Cuzme Rodríguez

C.I.: 1311527012

DIRECTOR



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de titulación a mi madre, mi pilar inquebrantable, su amor y sacrificio son la razón de cada palabra escrita en estas páginas.

A mi familia, fuente de fortaleza y motivación. Este logro es tan suyo como mío.

A mi tutor y asesor, por guiarme con sabiduría y paciencia a lo largo de este viaje académico.

A mis amigos, por alegrar los días difíciles y compartir las alegrías de cada pequeño avance.

Yuquilla Muzo Viviana Yomaira



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

AGRADECIMIENTO

A Dios, primero y siempre, por la guía, la fuerza y las bendiciones que han iluminado mi camino, a Santo Tomás de Aquino y San José de Cupertino, patronos de los estudiantes.

A mi familia, a mi madre Elvia, soporte fundamental en mi vida apoyándome y siendo el mayor ejemplo de superación, fortaleza y lucha para afrontar toda dificultad, desafíos y alcanzar el éxito, cada sacrificio que he hecho por mí no pasa desapercibido, y valoro enormemente el esfuerzo constante que ha puesto en mi bienestar y felicidad.

A mis hermanas y sobrinos Adriana, Nathaly, Liceth, Iván y Scarlet quienes, a través de las risas compartidas y los momentos desafiantes, hemos construido una complicidad única que va más allá de las palabras. Cada uno han sido fuente inagotable de apoyo y amor, su presencia ha sido mi mayor inspiración.

Al MSc. Fabián Cuzme y MSc. Jaime Michilena, tutor y asesor respectivamente, quienes me han dedicado su tiempo y habilidades, gracias por su apoyo.

Esta tesis representa más que solo logros; es el fruto del esfuerzo, la creatividad y el amor de un equipo excepcional. Gracias por contribuir con pasión y compromiso, creando no solo un trabajo de titulación, sino un legado de colaboración y excelencia.

Yucailla Muzo Viviana Yomaira

RESUMEN

En la presente propuesta se estableció la factibilidad técnica y económica al considerar la implementación futura del diseño de red con tecnologías avanzadas como GPON y FTTH, siguiendo los estándares ITU-T G.984.x. El análisis minucioso de estas tecnologías y su impacto potencial sentaron las bases para un enfoque proactivo hacia el desarrollo sostenible y la mejora de la calidad de vida en la parroquia de Pioter.

Para comprender las necesidades específicas de la parroquia Pioter, se llevó a cabo un levantamiento detallado de la situación actual. Este proceso implicó encuestas directas a los residentes, permitiendo una evaluación precisa de los desafíos de conectividad existentes. Con estos datos en mano, se procedió a establecer los requisitos y diseñar la infraestructura de internet, siguiendo las pautas del estándar ITU-T G.984.x. Para validar el diseño de red, se realizó una simulación en Optisystem con el objetivo de verificar su funcionamiento. Con este enfoque orientado a las necesidades locales se pretende no solo mejorar la conectividad, sino también convertirse en un motor integral para el desarrollo sostenible en la parroquia.

Finalmente, se ejecutó un análisis financiero para evaluar exhaustivamente todos los aspectos económicos vinculados a la implementación de la tecnología GPON y la infraestructura de red de fibra óptica. Se realizó un cálculo riguroso del Valor Actual Neto (VAN) para determinar la rentabilidad a lo largo del tiempo. Además, se midió la Tasa Interna de Retorno (TIR) para medir la eficiencia financiera. Esta evaluación completa proporcionó una visión clara y bien fundamentada sobre la sostenibilidad económica y el rendimiento financiero del proyecto en la parroquia mencionada.

ABSTRACT

This proposal has established both the technical and economic feasibility by contemplating the prospective implementation of a network design incorporating advanced technologies such as GPON and FTTH, in adherence to the ITU-T G.984.x standards. A meticulous examination of these technologies and their potential impact has laid the groundwork for a proactive approach towards sustainable development and the enhancement of the quality of life in Pioter Parish.

To grasp the specific needs of Pioter Parish, an in-depth survey of the current situation was conducted. This process involved direct surveys of residents, enabling an accurate assessment of existing connectivity challenges. Armed with this data, we proceeded to establish the requirements and design the internet infrastructure, adhering to the guidelines of the ITU-T G.984.x standard. To validate the network design, a simulation was conducted in Optisystem to verify its performance. This locally tailored approach aims not only to enhance connectivity but also to serve as a comprehensive catalyst for sustainable development in the parish.

Lastly, a financial analysis was undertaken to thoroughly evaluate all economic aspects associated with the implementation of GPON technology and fiber optic network infrastructure. A rigorous Net Present Value (NPV) calculation was executed to determine profitability over time. Additionally, the Internal Rate of Return (IRR) was measured to assess financial efficiency. This comprehensive evaluation has provided a clear and well-founded perspective on the economic sustainability and financial performance of the project in the aforementioned parish.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
ÍNDICE DE CONTENIDOS	ix
CAPÍTULO I ANTECEDENTES	1
1.1. Problema.....	1
1.2. Objetivos	2
1.2.1. <i>Objetivo General</i>	2
1.2.2. <i>Objetivos Específicos</i>	2
1.3. Alcance.....	3
1.4. Justificación.....	6
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO	9
2.1. Fibra Óptica.....	10
2.1.1. Estructura de la Fibra Óptica	10
2.1.2. Ventajas de la Fibra Óptica.....	12
2.1.3. Desventajas de la Fibra Óptica	13
2.2. Características para el diseño de enlaces de fibra óptica	15
2.2.1. Tipos de Fibra Óptica.....	15
2.2.2. Propagación de la Luz en la Fibra Óptica.....	18
2.2.3. Tipos de Pérdidas en la Fibra Óptica	21

2.2.4.	Bandas de Transmisión en la Fibra Óptica	25
2.2.5.	Tipos de Cables de Fibra Óptica.....	26
2.2.6.	Tipos de Tendido en la Fibra Óptica.....	28
2.2.7.	Tipos de Conexiones en la Fibra Óptica	29
2.3.	Redes PON (Red Óptica Pasiva).....	30
2.3.1.	Comparativa de Redes PON	31
2.4.	Redes GPON	32
2.4.1.	Arquitectura GPON	33
2.4.2.	Recomendación ITU-T G 984.X.....	35
2.5.	Redes de Acceso FTTX.....	38
2.6.	Organismos Reguladores en el Ámbito Nacional e Internacional	42
2.6.1.	ARCOTEL	42
2.6.2.	ISO (International Organization for Standardization)	44
2.6.3.	ITU (International Telecommunication Union).....	44
2.6.4.	IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers).....	45
2.6.5.	IETF (Internet Engineering Task Force).....	45
CAPÍTULO III SITUACIÓN ACTUAL		47
3.1.	Historia de la empresa Telenlaces S.A.....	48
3.2.	Telenlaces Sistemas y Telecomunicaciones S.A.....	49
3.3.	Área de Cobertura	49

3.5.	Datos Generales de la Parroquia	51
3.6.	Situación actual del servicio de internet.....	55
3.6.1.	Recopilación de información	58
3.6.2.	Análisis de información	59
3.7.	Parámetros de Diseño de la Red GPON.....	64
3.7.1.	Ubicación de la red	64
3.7.2.	Especificaciones de GPON	66
3.7.3.	Elementos de la red FTTH.....	66
3.7.4.	División Óptica	68
3.7.5.	Ubicación de OLT.....	70
3.7.6.	Ubicación de NAP	71
3.7.8.	Presupuesto óptico de la red FTTH	76
CAPÍTULO IV DISEÑO DE LA RED		87
4.1.	Diseño de la red Troncal	87
4.2.	Ubicación y descripción de los NAP de primer nivel	89
4.3.	Diseño de la red de distribución.....	90
4.4.	Ubicación y descripción de los NAP de segundo nivel	96
4.4.1.	NAP de segundo nivel en red de distribución 1.....	98
4.4.2.	NAP de segundo nivel en red de distribución 2.....	98
4.4.3.	NAP de segundo nivel en red de distribución 3.....	99

4.5.	Diseño de la red de dispersión (Última Milla)	100
4.6.	Reservas de fibra óptica en la red FTTH.....	101
4.7.	Diseño final de la Red GPON	109
4.8.	Simulación de la red de fibra óptica.....	112
4.8.1.	Diseño simulado de la red de fibra óptica.....	112
4.8.2.	Simulación y cálculo para cliente más lejano	117
4.8.3.	Simulación y cálculo para cliente más cercano	120
4.8.4.	Resultado de simulación y comparativa de cálculos teóricos	122
CAPÍTULO V ANÁLISIS TÉCNICO FINANCIERO		124
5.1.	Costos y especificaciones de equipos.....	125
5.1.1.	OLT.....	125
5.1.2.	ODF.....	129
5.1.3.	ONU	131
5.1.4.	NAP primer nivel	134
5.1.5.	NAP segundo nivel	137
5.1.6.	Conector Mecánico UPC	139
5.1.7.	Cable de fibra óptica red troncal.....	140
5.1.8.	Cable de fibra óptica red de distribución	143
5.1.9.	Cable de fibra óptica última milla.....	145
5.1.10.	Pigtails.....	148

5.1.11. Patch Core.....	149
5.1.12. Tubos de fusión.....	150
5.2. Ingresos del proyecto	152
5.3. Egresos del proyecto	155
5.4. Flujo de caja	159
5.5. Valor Actual Neto (VAN).....	162
5.6. Tasa Interna de Retorno (TIR)	163
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	166
Conclusiones	166
Recomendaciones.....	167
BIBLIOGRAFÍA	169
ANEXOS	175
Anexo A: Formato de encuesta realizada.....	175
Anexo B: Tabulación de datos obtenidos.....	178
Anexo C: Fotografías de encuesta realizada en Pioter	185
Anexo D: Normativa Diseño Arcotel.....	187

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Arquitectura GPON</i> _____	4
Figura 2 <i>Topología del diseño de red GPON FTTH</i> _____	5
Figura 3 <i>Conformación básica de una fibra óptica</i> _____	12
Figura 4 <i>Fibra monomodo</i> _____	16
Figura 5 <i>Fibra multimodo</i> _____	17
Figura 6 <i>Arquitectura GPON</i> _____	33
Figura 7 <i>Red de acceso FTTH</i> _____	40
Figura 8 <i>Área de cobertura de la empresa Telenlaces – Cantones NODOS PRIMARIOS</i> _____	50
Figura 9 <i>Mapa antiguo y actual, Parroquia Pioter</i> _____	52
Figura 10 <i>Trayectoria del diseño de red</i> _____	65
Figura 11 <i>Elementos de la red GPON FTTH</i> _____	68
Figura 12 <i>Divisores ópticos de la red GPON FTTH</i> _____	69
Figura 13 <i>Ubicación de la OLT en la red</i> _____	70
Figura 14 <i>Distancia 1 de posible cliente más lejano</i> _____	78
Figura 15 <i>Distancia 2 de posible cliente más lejano</i> _____	79
Figura 16 <i>Distancia de cliente más cercano</i> _____	79
Figura 17 <i>Trayectoria de red troncal</i> _____	87
Figura 18 <i>NAP's de primer nivel</i> _____	89
Figura 19 <i>Red Distribución 1, desde la NAP-1 de nivel 1</i> _____	91
Figura 20 <i>Red Distribución 2, desde la NAP-2 de nivel 1</i> _____	92
Figura 21 <i>Red de Distribución 3, desde el NAP-3 de nivel 1</i> _____	94

Figura 22 <i>Diseño en ArcGis con los elementos: NAPs de nivel 1, red troncal y redes de distribución.</i>	95
Figura 23 <i>Nombre de cada NAP de segundo nivel en ArcGis</i>	97
Figura 24 <i>Red de Distribución 1, con su respectivo NAP-1 de nivel 1 y respectivos NAPs de nivel 2</i>	98
Figura 25 <i>Red de Distribución 2, con su respectivo NAP-1 de nivel 1 y respectivos NAPs de nivel 2</i>	99
Figura 26 <i>Red de Distribución 3, con su respectivo NAP-1 de nivel 1 y respectivos NAPs de nivel 2</i>	100
Figura 27 <i>Ubicación de reservas – NAP nivel 1</i>	102
Figura 28 <i>Ubicación de reservas – NAP nivel 2</i>	104
Figura 29 <i>Ubicación de reservas – NAP nivel 2</i>	106
Figura 30 <i>Ubicación de reservas – NAP nivel 2</i>	108
Figura 31 <i>Base de datos de diseño final</i>	110
Figura 32 <i>Elementos del diseño final en OpenStreetMap</i>	111
Figura 33 <i>Simulación completa de la red</i>	113
Figura 34 <i>Simulación - Sección OLT</i>	113
Figura 35 <i>Simulación – Sección ODN</i>	114
Figura 36 <i>Simulación – Sección ONU</i>	115
Figura 37 <i>Potencia Transmisores OLT</i>	117
Figura 38 <i>Potencia de atenuación sin splitter</i>	118
Figura 39 <i>Potencia de Splitter</i>	118
Figura 40 <i>Potencia de Receptor Óptico – Cliente más lejano</i>	119

Figura 41 <i>Potencia de atenuación sin splitter</i> _____	120
Figura 42 <i>Potencia de Splitter</i> _____	121
Figura 43 <i>Potencia de Receptor Óptico – Cliente más cercano</i> _____	122
Figura 44 <i>Huawei OLT Carrier Class Serie SmartAX EA5800 X2 AC-DC</i> _____	126
Figura 45 <i>ODF Cablix CA26 OPP-0624AW 24 Puertos SC Simplex</i> _____	129
Figura 46 <i>ONU EG8120L</i> _____	132
Figura 47 <i>NAP de nivel 1, adaptador SC/APC y splitter 1:4</i> _____	135
Figura 48 <i>NAP de nivel 2, adaptador SC/APC y splitter 1:16</i> _____	138
Figura 49 <i>Conector Mecánico UPC</i> _____	139
Figura 50 <i>Fibra óptica ADSS – Red Troncal</i> _____	141
Figura 51 <i>Fibra Óptica ADSS – Red Distribución</i> _____	143
Figura 52 <i>Diagrama de estructura de fibra DROP 1 hilo</i> _____	146
Figura 53 <i>Pigtail</i> _____	148
Figura 54 <i>Patch Core SC-APC</i> _____	149
Figura 55 <i>Tubillos de fusión</i> _____	150
Figura 56 <i>Flujos de efectivo acumulados</i> _____	161
Figura 57 <i>Valores ingresados en calculadora online Gabilos</i> _____	164
Figura 58 <i>Valor de la Tasa Interna de Retorno en calculadora online Gabilos</i> _____	165
Figura 59 <i>Tabulación de resultados para pregunta 1</i> _____	178
Figura 60 <i>Tabulación de resultados para pregunta 2</i> _____	178
Figura 61 <i>Tabulación de resultados para pregunta 3</i> _____	179
Figura 62 <i>Tabulación de resultados para pregunta 4</i> _____	180
Figura 63 <i>Tabulación de resultados para pregunta 5</i> _____	180

Figura 64 <i>Tabulación de resultados para pregunta 6</i> _____	181
Figura 65 <i>Tabulación de resultados para pregunta 7</i> _____	182
Figura 66 <i>Tabulación de resultados para pregunta 8</i> _____	182
Figura 67 <i>Tabulación de resultados para pregunta 9</i> _____	183
Figura 68 <i>Tabulación de resultados para pregunta 10</i> _____	184

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Tipos de pérdidas en la fibra óptica</i>	22
Tabla 2. <i>Tipos de cables de fibra óptica</i>	26
Tabla 3. <i>Comparativa de Redes PON</i>	31
Tabla 4. <i>Especificación de GPON</i>	34
Tabla 5 <i>Planes de internet con Fibra óptica</i>	51
Tabla 6 <i>División Política Parroquia Pioter</i>	52
Tabla 7 <i>Población Parroquia Pioter, por sexo y edad, año 2010</i>	54
Tabla 8 <i>Valores más usados para margen de error y nivel de confianza con su respectivo valor de 'Z'</i>	57
Tabla 9. <i>Especificación de GPON</i>	66
Tabla 10. <i>Atributos de la fibra G.652 D</i>	72
Tabla 11. <i>Atributos de la fibra G.657 A</i>	74
Tabla 12 <i>Atenuación por divisor óptico</i>	82
Tabla 13 <i>Valor de reservas – NAP de nivel 1</i>	101
Tabla 14 <i>Valor de reservas – NAP de nivel 2</i>	103
Tabla 15 <i>Valor de reservas – NAP de nivel 2</i>	105
Tabla 16 <i>Valor de reservas – NAP de nivel 2</i>	107
Tabla 17. <i>Comparativa de cálculos matemáticos y simulados</i>	123
Tabla 18. <i>Especificaciones OLT</i>	126
Tabla 19. <i>Costo Huawei OLT Carrier Class Serie SmartAX EA5800 X2 AC-DC</i>	129
Tabla 20. <i>Especificaciones ODF</i>	130
Tabla 21. <i>Costo ODF</i>	131

Tabla 22. <i>Especificaciones ONU EG8120L</i>	133
Tabla 23. <i>Costo ONU EG8120L</i>	134
Tabla 24. <i>Especificaciones NAP nivel 1</i>	136
Tabla 25. <i>Costo NAP nivel 1</i>	137
Tabla 26. <i>Costo NAP nivel 2</i>	139
Tabla 27. <i>Costo Cable Mecánico UPC</i>	140
Tabla 28. <i>Especificaciones Cable Fibra Óptica ADSS – Red Troncal</i>	142
Tabla 29. <i>Costo Cable de Fibra óptica</i>	142
Tabla 30. <i>Especificaciones Cable Fibra Óptica ADSS – Distribución</i>	144
Tabla 31. <i>Costo Cable de Fibra óptica – Red Distribución</i>	145
Tabla 32. <i>Especificaciones Cable Fibra Óptica</i>	147
Tabla 33. <i>Costo Cable de Fibra óptica</i>	147
Tabla 34. <i>Costo Pigtails</i>	149
Tabla 35. <i>Costo PatchCore</i>	150
Tabla 36. <i>Especificaciones Tubillos de Fusión</i>	151
Tabla 37. <i>Costo Tubos de fusión</i>	152
Tabla 38 <i>Ingresos de servicio prestado</i>	154
Tabla 39 <i>Egresos de equipos activos</i>	155
Tabla 40 <i>Egresos de equipos pasivos</i>	156
Tabla 41 <i>Egresos de personal operativo</i>	157
Tabla 42 <i>Egresos de movilización</i>	157
Tabla 43 <i>Egresos de mantenimiento</i>	158
Tabla 44 <i>Egresos totales</i>	159

Tabla 45 *Flujo de Caja* 160

CAPÍTULO I ANTECEDENTES

1.1.Problema

La parroquia de Pioter, es una de las ocho parroquias rurales del Cantón Tulcán, capital de la Provincia del Carchi, la cual según el censo nacional de población y vivienda 2010 tenían 718 habitantes, pero con un estudio por parte del equipo de Plan de Uso y Gestión de Suelo Administración 2019-2023, se pudo conocer que en el año 2020 la parroquia aumentó a 850 habitantes, con una proyección a 1048 habitantes en el año 2040. (GAD Tulcán, 2020)

De igual forma, en la parroquia de Pioter, según el GAD Tulcán (2020) en su informe de Plan de Uso y Gestión con la actual administración dio a conocer que en el año 2020 hubo 850 habitantes y proyecta un número aproximado de 262 viviendas para el año 2040. Además, existen residentes que no tienen contratado un plan de internet, según el GAD Parroquial rural Pioter (2019) en el informe del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDyOT) se observó que el 22% de las familias cuentan con servicio a internet, pagando cuotas de \$22.54 más la instalación, así mismo, se toma en cuenta no existe alta cobertura de conexión a internet. Un ISP que accede con internet a la parroquia es la empresa de Saitel, el cual tiene diferentes tipos de planes como son de fibra óptica o inalámbrico y el plan que obtiene cada hogar dependerá del costo que se esté dispuesto a pagar, pero para la comprobación de proveedores con la tecnología que actualmente ofrecen internet a la parroquia se realizará las encuestas en el transcurso del proyecto.

En la parroquia de Pioter surge la problemática de no contar con un servicio a internet que esté basado en la nuevas tecnologías de red de fibra óptica GPON (Red Óptica Pasiva Gigabit) que cuenta con mayor velocidad, seguridad, conexión entre varios dispositivos y fiabilidad, debido a que, en la actualidad se necesita una conexión a internet eficiente en los hogares, luego de que,

con la pandemia mundial del COVID-19 que se vivió en el 2020, se observó la necesidad de estar conectados con las demás personas al estar en confinamiento mundial, es así que, estudiantes, padres de familia y profesores experimentaron la obligación de recibir clases y reuniones online, lo que generó necesidades básicas como estar siempre comunicados y obtener la información que se necesita al instante al buscar por internet, por esto, el servicio a internet se ha vuelto esencial para las personas.

Por tal motivo, el diseño de la red de fibra óptica FTTH (fibra hasta el hogar) con la tecnología GPON se lo realizará para toda la zona poblacional de Pioter, para llegar con el servicio a todas las familias, y así, TELENLACES siendo una de las empresas que brinda conexión a internet en el cantón Tulcán, podrá ofrecer sus servicios y dar solución a las necesidades básicas que se han ido generando y se han mencionado anteriormente y así ofrecer una conexión eficiente, siendo los habitantes los beneficiarios, además de las otras instituciones como son: un parque, un polideportivo, una iglesia, una biblioteca municipal, el GAD parroquial, la tenencia política, un centro de salud y una escuela.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

- Diseñar una red de fibra óptica FTTH con la tecnología GPON mediante el estándar ITU-T G.984.x con el fin de brindar servicio de internet en la parroquia de Pioter de la ciudad de Tulcán en la provincia del Carchi.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Analizar información relacionada a la tecnología GPON, arquitectura FTTH y estándares, para comprender el impacto del proyecto en la parroquia Pioter.

- Realizar un análisis de la situación actual del servicio de internet en la Parroquia de Pioter, basado en la recolección de datos por medio de encuestas a los pobladores, para conocer los problemas de conectividad que se tiene.
- Establecer requerimientos de diseño basado en el estándar ITU-T G.984.x, para entregar la conectividad a los usuarios de la parroquia.
- Diseñar la red de servicio a internet propuesta para ofrecer conectividad de internet a la parroquia Pioter.
- Realizar el estudio de viabilidad técnica y económica para la implementación a futuro del proyecto.

1.3.Alcance

El proyecto implica el uso de la tecnología GPON y la arquitectura de red de fibra óptica hasta el hogar empleando la normativa ITU-T G.984.x, la cual proporciona parámetros para certificar la red como son: características generales, medio físicos independientes, convergencia de transmisión, gestión ONT- especificación de la interfaz de control, mejoramiento de banda y mayor alcance, lo que permitirá que los habitantes de la parroquia Pioter puedan recibir un óptimo servicio a internet (Quisnancela & Espinosa, 2016).

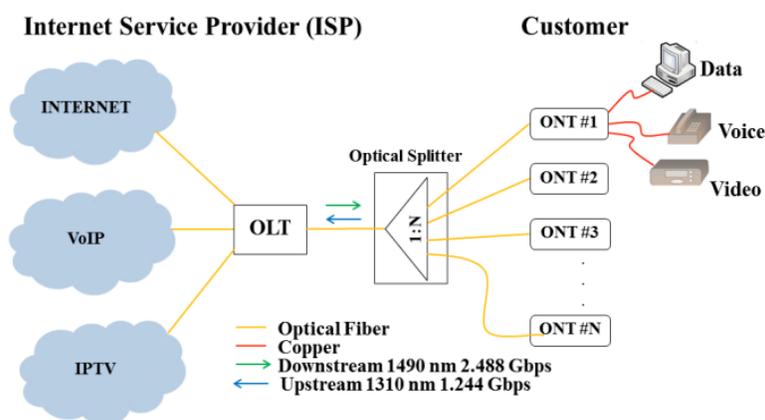
Para el diseño de la red se necesita analizar las bases teóricas con respecto a la fibra óptica FTTH (fibra hasta el hogar) y la tecnología GPON para comprender la finalidad con la que fue establecida y el papel importante que tiene en los hogares, siendo según Millán (2007) la tecnología de acceso mediante fibra óptica con arquitectura punto a multipunto más avanzada en la actualidad, debido a que, las principales ventajas de tener un bucle de abonado de fibra óptica son muchas como mayores anchos de banda, mayores distancias desde la central hasta el abonado, mayor

resistencia a la interferencia electromagnética, mayor seguridad, menor degradación de las señales, etc.

A continuación, se presenta el esquema de la tecnología GPON para comprensión de la concepción técnica del proyecto:

Figura 1

Arquitectura GPON



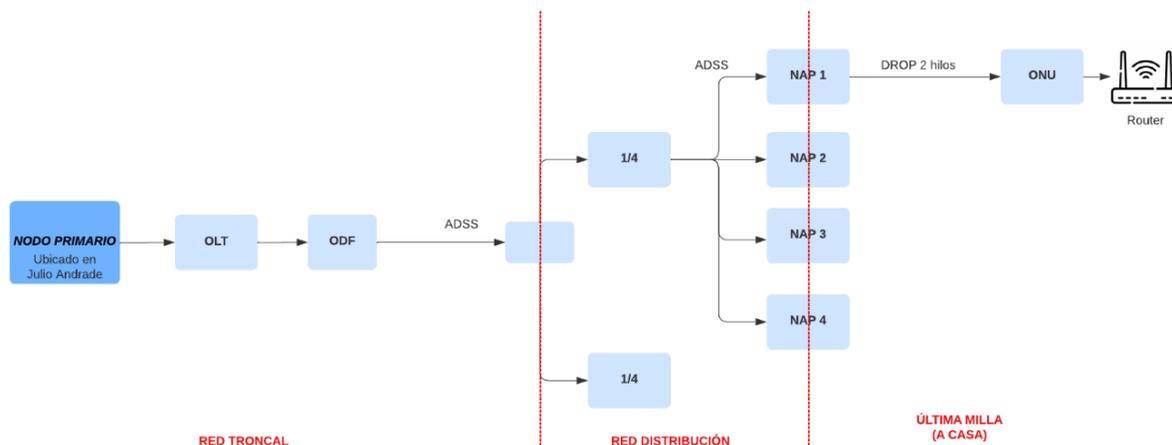
Nota. Adaptado de “Design and Implement of GPON-FTTH network for residential condominium” (p. 2), por Adhi et al., 2021, Department of Telecommunication Engineering.

Igualmente, se revisará el estándar ITU-T G.984.x, para optimizar el uso y garantizar el óptimo funcionamiento de la red basándose en estándares técnicos que permitan que las mediciones estén dentro del rango establecido (Quisnancela & Espinosa, 2016). Según la ITU-T (2019) en su estándar G.984.2 señala que se tiene transmisiones con velocidades mayores o iguales a 1.2 Gbits/s, entre otras características que establece el estándar ITU-T G.984.x.

Para el diseño de red es importante señalar que el proveedor va a llegar a Pioter obteniendo conexión de una OLT que se tiene en Julio Andrade, la cual es la más cercana a la parroquia. También, se toma en cuenta que entre el OLT (Terminal de Línea Óptica) y el ONT (Terminal de red óptica) se debe tener un alcance físico máximo de 20km de distancia, debido a que están diseñadas para llevar la fibra óptica directamente desde la central hacia el punto de conexión, por ello, se emplean los equipos OLT donde se gestiona el servicio a los usuarios y luego mediante el ODF que es el distribuidor de fibra óptica de puertos PON (Red Óptica Pasiva) se direccionará hacia el splitter primario y continuará la conexión hacia las cajas de distribución de abonados que se encontrarán en la ruta de la parroquia y en cada caja se colocará un splitter de segundo nivel que así habilitará los puertos para brindar el servicio a los clientes, y ya teniendo esto, se procederá a tender la fibra hacia el cliente que contrató el servicio, llegando así a la ONT o también conocida como ONU donde el cliente se podrá conectar a internet al conectar la ONT con el router configurado previamente. Para mayor comprensión se presenta la topología del diseño de red:

Figura 2

Topología del diseño de red GPON FTTH



Nota. La figura 2 representa la topología con la que se trabajará en el desarrollo del proyecto.

Para el diseño de la red se aplicará la metodología de gestión DEMING o también conocido como ciclo PHVA, cuyo propósito es mejorar los procesos en los proyectos y consta de cuatro pasos: planificar, hacer, verificar y actuar. El primer paso se refiere a la optimización del proceso en identificar los problemas existentes y definir las prioridades de lo que hay que mejorar, el segundo paso es poner en práctica la planificación del paso anterior, el paso tres es el análisis de los resultados que se están obteniendo para poder verificar el proceso y si se identifica algún problema o falla en el proceso, y el último paso es la corrección de las posibles fallas que se encontraron en el paso tres, y en caso de no haber alguna falla el resultado esperado podrá servir de referencia para otros proyectos similares. Este ciclo PHVA es recomendable para cualquier proceso que las personas o empresas deseen realizar con sus proyectos (Sydle, 2021).

Teniendo el diseño de red se podrá realizar el estudio de viabilidad técnica y económica, que tiene como objetivo principal comprender los costos de la inversión, así como el potencial de obtención de ingresos y determinar la probabilidad de implementar el proyecto en un futuro en función de los recursos disponibles de la empresa, debido a que, con el resultado se determina si la inversión de recursos proporcionará un resultado deseable y conocer la factibilidad del proyecto (Infinitia, 2021).

1.4. Justificación

En el Ecuador se ha generado el aumento de la demanda de internet y el consumo de contenido a causa del aislamiento en el año 2020, según la INEC (2021) en su boletín técnico, en

el año 2019 el 66.7% de personas en el área urbana utilizaban internet y para el año 2020 hubo un incremento hasta llegar al 77.1% de personas que utilizan el servicio, lo mismo en el área rural, ya que en el año 2019 hubo un porcentaje de 42.9% y para el año 2020 llegó al 56.9% de población conectada a internet, donde se puede observar que hubo una variación significativa.

Estos resultados permiten a las empresas de internet competir entre ellas para ganar más clientes contando con servicios accesibles y de calidad para satisfacer sus necesidades, debido a que las personas necesitan estar conectadas en todo momento, ya que, según Dentzel (2013) la tendencia de uso de internet de los usuarios ya no es pasar horas conectados delante de un ordenador después de las clases o de trabajar, sino estar conectados en todo momento y en cualquier lugar a través de dispositivos móviles”.

En la parroquia de Pioter existe baja cobertura de internet que llegue a todas las comunidades, por lo que los estudiantes y quienes necesiten estar conectados a internet deben desplazarse al parque de la parroquia que suele tener un punto WiFi gratis para los habitantes, pero no siempre funciona adecuadamente para solventar sus necesidades como estudiantes y trabajadores (GAD Parroquial rural Pioter, 2019).

Con el diseño de red la empresa TELENLACES tiene la meta de llegar con la tecnología GPON hasta los habitantes de la parroquia Pioter, para lo cual se utilizará fibra óptica que llegue hasta los hogares garantizando la conexión a internet en todas las comunidades: San Francisco, San Pedro y Bellavista y barrios: San Francisco, San José y San Vicente, que cubren una extensión territorial de 17.81 km² (GAD Parroquial rural Pioter, 2019).

De igual forma, de los proveedores actuales con servicio de internet que se encuentran operando según ARCOTEL (2022) en el cantón Tulcán son: Saitel, Movitech, Netlife, TVCable y Telenlaces, siendo limitado a un proveedor que es Saitel, el que brinda cobertura en la parroquia de Pioter. Además, este proveedor cobra una cuota por instalación lo que complica a los habitantes acceder al servicio, sin embargo, la empresa Telenlaces ofrece a sus clientes la instalación y el primer mes de consumo de manera gratuita, dando competencia con los demás proveedores de internet (Telenlaces, 2022).

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

Este capítulo trata varios aspectos de la fibra óptica. En primer lugar, se definirá qué es una fibra óptica, se describirá su estructura básica y se destacará sus principales componentes. A continuación, se hablará de las ventajas e inconvenientes de la fibra óptica como medio de transmisión de datos. Se explorará sus ventajas, así como sus limitaciones, los elevados costes de instalación y mantenimiento. Posteriormente, se examinarán los distintos tipos de fibra óptica disponibles, como la monomodo y multimodo, y se explicará sus características. Los tipos de cables utilizados en las redes de fibra óptica se tratarán en detalle. Además, se estudiarán los distintos métodos de tendido de fibras ópticas y se expondrán las consideraciones pertinentes en cada caso. También se analizarán los diferentes tipos de conexiones utilizados en las redes ópticas y se comparará la red óptica pasiva (PON), que es una arquitectura común en las redes de acceso óptico, y se discutirán las ventajas y los desafíos asociados a este tipo de red. Y se hablará de la tecnología FTTH (Fiber to the Home), que lleva la fibra óptica directamente al hogar del usuario final. Por último, se describirán los organismos nacionales e internacionales de certificación pertinentes para la fibra óptica, que establecen normas y reglas para garantizar la calidad y el rendimiento de los componentes y sistemas de fibra óptica.

En resumen, este capítulo de antecedentes teóricos proporcionará una visión general de los conceptos clave relacionados con la fibra óptica que sentarán las bases para comprender esta tecnología y sus aplicaciones en el contexto de este estudio. Para lograr una comprensión integral, es imperativo explorar en detalle la estructura de la fibra óptica y su funcionamiento intrínseco.

2.1.Fibra Óptica

La fibra óptica es un hilo delgado y flexible hecho principalmente de vidrio o plástico que se utiliza para transmitir la luz a través de él. La luz se mueve a través de la fibra mediante la reflexión interna total, lo que permite una transmisión de señales a largas distancias y a altas velocidades con pérdida de señal mínima. La fibra óptica se utiliza comúnmente en aplicaciones de telecomunicaciones, como la transmisión de datos de internet de banda ancha y la conexión de redes de telecomunicaciones.

La fibra óptica es un cable hecho de fibras de vidrio o de plástico fino que puede transmitir señales de luz que se mueven de un lugar a otro. Según Adhi et al. (2021) en el proceso de transmisión, la señal de la luz representará la señal de información. Esta fibra óptica consta de varias partes, a saber, el núcleo, el revestimiento, el recubrimiento y la cubierta. El funcionamiento de la fibra óptica consiste en aprovechar una de las propiedades de la luz, la reflexión. Por lo tanto, teniendo en cuenta la fibra óptica, el proceso de transmisión de la señal será más rápido, con menos pérdidas y con más estabilidad de un lugar a otro. (Adhi et al., 2021)

2.1.1. Estructura de la Fibra Óptica

La estructura de fibra óptica se refiere a la composición física de un cable de fibra óptica. Suele constar de un núcleo de vidrio o plástico rodeado de un revestimiento con un índice de refracción más bajo que refleja la luz hacia el núcleo. El núcleo y el revestimiento están protegidos por una cubierta o revestimiento amortiguador. La luz se transmite a través del núcleo por reflexión interna total, lo que permite transmitir señales a largas distancias con una pérdida de señal mínima. Esta estructura es la que permite a los cables de fibra óptica transmitir grandes cantidades de datos

a alta velocidad, lo que los convierte en una opción popular para la comunicación y transmisión de datos a larga distancia.

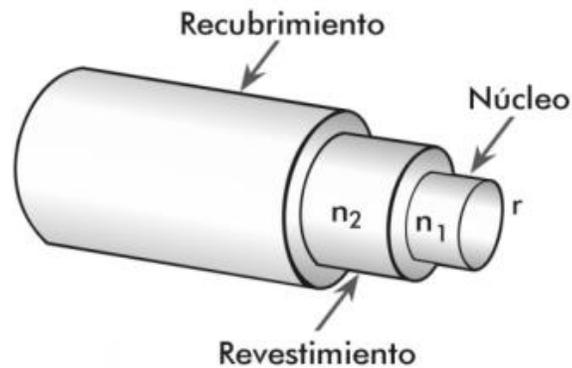
Según Photonics (2020) las partes principales de un sistema de fibra óptica son:

- Fibra óptica: El fino filamento de vidrio o plástico que transporta las señales luminosas.
- Transmisor: Convierte las señales eléctricas en señales ópticas y las envía a través de la fibra.
- Receptor: Convierte las señales ópticas recibidas en señales eléctricas.
- Fuente óptica: Produce las señales luminosas, como un láser o un diodo emisor de luz (LED).
- Amplificador óptico: Aumenta la potencia de las señales ópticas para aumentar las distancias de transmisión.
- Multiplexor por división de longitud de onda (WDM): Permite combinar varias señales de diferentes longitudes de onda y transmitir las a través de una única fibra.
- Conector de fibra óptica: Une dos cables de fibra óptica para formar un trayecto continuo de transmisión de luz.
- Cable de fibra óptica: El cable físico que contiene la fibra óptica y proporciona protección frente a fuerzas externas.
- Divisor óptico: Divide una única señal óptica en varias señales para su distribución a varios receptores.
- Circulador óptico: Dirige la luz en una dirección específica y evita las reflexiones que pueden causar pérdidas de señal.

Estos son los componentes básicos de un sistema de fibra óptica y los componentes específicos utilizados pueden variar en función de la aplicación y el diseño del sistema.

Figura 3

Conformación básica de una fibra óptica



Nota. Adaptado de “Revisión y análisis experimental de modos LPnm en fibras ópticas” (p. 15), por Cerecedo et al., 2009, *Revista mexicana de física*.

2.1.2. Ventajas de la Fibra Óptica

La fibra óptica tiene varias ventajas sobre los sistemas tradicionales de comunicación por hilo de cobre y cable coaxial, según el artículo de las Tecnologías de banda ancha por fibra óptica de (R. J. Millán, 2010) se pueden nombrar las siguientes ventajas:

- Gran ancho de banda: los cables de fibra óptica pueden transmitir grandes cantidades de datos a altas velocidades, lo que los hace ideales para la comunicación y transmisión de datos a alta velocidad. (R. J. Millán, 2010)

- Inmunidad a interferencias electromagnéticas (EMI): Las señales de fibra óptica son inmunes a las interferencias de campos eléctricos y magnéticos, lo que las hace ideales para su uso en entornos con altos niveles de EMI. (R. J. Millán, 2010)
- Transmisión a larga distancia: Las señales de fibra óptica pueden transmitirse a largas distancias sin pérdida significativa de señal, lo que las hace ideales para la comunicación a larga distancia. (R. J. Millán, 2010)
- Seguridad: Los cables de fibra óptica son difíciles de intervenir o espiar, lo que proporciona un alto nivel de seguridad para la información sensible. (R. J. Millán, 2010)
- Ligeros y flexibles: Los cables de fibra óptica son ligeros y flexibles, lo que facilita su instalación y manejo en comparación con los pesados hilos de cobre y el cable coaxial. (R. J. Millán, 2010)
- Durabilidad: Los cables de fibra óptica son más duraderos que el alambre de cobre tradicional y el cable coaxial, ya que son resistentes a los daños físicos y a la corrosión. (R. J. Millán, 2010)
- Rentabilidad: Aunque los sistemas de fibra óptica pueden ser más caros de instalar al principio, pueden ser más rentables a largo plazo debido a su fiabilidad, gran ancho de banda y larga vida útil. (R. J. Millán, 2010)

2.1.3. Desventajas de la Fibra Óptica

Aunque la fibra óptica ofrece varias ventajas, también se toma en cuenta algunos inconvenientes, entre los que según Kennedy (2021) menciona los siguientes:

- Coste inicial: La instalación de un sistema de fibra óptica puede resultar cara, especialmente si se compara con los sistemas tradicionales de cable de cobre y cable coaxial. (Kennedy, 2021)
- Fragilidad: Los cables de fibra óptica son más frágiles que los cables de cobre y coaxiales tradicionales, y pueden dañarse fácilmente si no se manipulan con cuidado durante la instalación. (Kennedy, 2021)
- Complejidad de la instalación: la instalación de un sistema de fibra óptica puede ser más compleja y requerir conocimientos y habilidades especializados en comparación con los sistemas tradicionales de alambre de cobre y cable coaxial. (Kennedy, 2021)
- Disponibilidad limitada: La tecnología de fibra óptica no está ampliamente disponible en todas las zonas y puede no ser una opción viable para ubicaciones remotas o rurales. (Kennedy, 2021)
- Problemas de terminación: Los conectores de fibra óptica pueden ser difíciles de terminar y puede ser necesario un equipo y una formación especiales para conseguir una conexión fiable. (Kennedy, 2021)
- Compatibilidad limitada de los equipos: Algunos equipos antiguos pueden no ser compatibles con los sistemas de fibra óptica, por lo que es necesario actualizarlos para que admitan la tecnología de fibra óptica. (Kennedy, 2021)
- Sensibilidad a la intemperie: Los cables de fibra óptica pueden verse afectados por temperaturas y condiciones meteorológicas extremas, lo que puede provocar la pérdida o interrupción de la señal. (Kennedy, 2021)

A pesar de estas desventajas, la fibra óptica sigue siendo una opción popular para la comunicación de alta velocidad y la transmisión de datos debido a sus muchas ventajas sobre los sistemas de comunicación tradicionales.

2.2. Características para el diseño de enlaces de fibra óptica

2.2.1. Tipos de Fibra Óptica

Existen dos tipos principales de fibra óptica: fibra monomodo y fibra multimodo. Cada tipo juega un papel crucial en la transferencia de datos y se adapta a diferentes necesidades y distancias. Desde conexiones monomodo adecuadas para largas distancias hasta conexiones multimodo más adecuadas para redes de área local y centros de datos, cada conexión tiene sus propias características y ventajas.

2.2.1.1. Fibra Monomodo

Es un tipo de fibra óptica que utiliza un núcleo de diámetro muy fino, de alrededor de 9 micrómetros (μm) y permite que solo un modo de luz se propague a través de ella. Como resultado, la señal se mantiene más limpia y precisa y se permite una mayor distancia de transmisión, pero requiere un láser de alta precisión para transmitir la señal. Es comúnmente utilizado en aplicaciones de telecomunicaciones de larga distancia y de alta capacidad.

Según Vargas (2014) esta fibra ofrece la mayor capacidad de transporte de información y tiene una banda de paso del orden de los 100 GHz/km. Algo importante es que los mayores flujos se consiguen con esta fibra, pero también es la más compleja de implantar. La figura muestra que sólo pueden transmitirse los rayos cuya trayectoria discurre a lo largo del eje de la fibra, de ahí el nombre de "monomodo" (propagación monomodo, o trayectoria del haz de luz). Se trata de fibras

cuyo diámetro del núcleo es del mismo orden de magnitud que la longitud de onda de las señales ópticas que transmiten, es decir, aproximadamente de 5 a 8 μm .

Figura 4

Fibra monomodo



Nota. Adaptado de *Sistemas de fibra óptica* (p. 17), por I. Vargas, 2014. México: Prince Hall.

2.2.1.2. Fibra Multimodo

Es un tipo de fibra óptica que utiliza un núcleo de diámetro más grueso, de alrededor de 50 a 62.5 micrómetros (μm). Permite que varios modos de luz se propaguen a través de ella. Como resultado, la señal no es tan precisa y limpia como la señal transmitida por fibra monomodo, y la distancia de transmisión es menor, pero es más fácil y económico de implementar. Es comúnmente utilizado en aplicaciones de redes de área local y en aplicaciones de corta distancia.

Según Vargas (2014) las fibras multimodo pueden tener más de mil modos de propagación de la luz. Las fibras multimodo suelen utilizarse para distancias cortas (menos de 1 km); son fáciles de fabricar y baratas.

Tienen un alcance máximo de 2 km y utilizan diodos láser de baja intensidad. El núcleo de una fibra multimodo tiene un índice de refracción mayor, pero es del mismo orden de magnitud que el revestimiento. Debido al gran tamaño del núcleo de las fibras multimodo, son más fáciles de empalmar y tienen una mayor tolerancia para los componentes de baja precisión. (Vargas, 2014)

Figura 5

Fibra multimodo



Nota. Adaptado de *Sistemas de fibra óptica* (p. 18), por I. Vargas, 2014, México: Prince Hall.

Fibra Multimodo de Índice Graduado

Según Vargas (2014) en este tipo de fibra, el núcleo tiene un índice de refracción constante en toda la sección cilíndrica y presenta una elevada dispersión modal.

Este tipo de fibra óptica se utiliza para transmitir señales luminosas a largas distancias. A diferencia de la fibra monomodo, que sólo admite un modo de propagación de la luz, la fibra multimodo puede admitir múltiples modos de propagación de la luz. En la fibra multimodo GI (índice graduado), el índice de refracción del núcleo de la fibra disminuye gradualmente desde el

centro hacia la periferia, lo que ayuda a reducir la dispersión modal, una forma de distorsión de la señal que puede producirse en la fibra multimodo. Esto se traduce en una transmisión más eficaz y fiable de las señales luminosas a mayores distancias, lo que convierte a la GI MMF en una opción popular para aplicaciones de transmisión de datos a alta velocidad en el sector de las telecomunicaciones.

Fibra Multimodo de Índice Escalonado

En este tipo, el índice de refracción no es constante, pero la dispersión modal es menor, y el núcleo está hecho de materiales diferentes (Vargas, 2014).

La fibra multimodo de índice escalonado (SI MMF) es un tipo de fibra óptica que se utiliza para transmitir señales de luz en distancias cortas. Al igual que la fibra multimodo de índice graduado (GI MMF), la SI MMF multimodo admite múltiples modos de propagación de la luz. Sin embargo, en la SI MMF, el índice de refracción del núcleo de la fibra no es uniforme, sino que se alterna periódicamente para formar una serie de picos y valles. Esto permite mejorar la separación de modos y reducir la dispersión modal en comparación con la MMF GI, lo que se traduce en un mayor ancho de banda y una transmisión de señales más fiable en distancias cortas. La MMF SI se utiliza habitualmente en aplicaciones de transmisión de datos de corto alcance, como en redes de área local (LAN) y centros de datos.

2.2.2. Propagación de la Luz en la Fibra Óptica

La propagación de la luz se refiere al movimiento de la luz a través del espacio o a través de medios materiales como el aire o el vidrio. La luz se propaga en línea recta a una velocidad de aproximadamente 299,792 kilómetros por segundo en el vacío. La propagación de la luz puede ser

afectada por la refracción, la reflexión y la absorción al pasar a través de medios materiales con diferentes índices de refracción.

Según el principio de Huygens, cada punto de un frente de onda primario sirve como foco de pequeñas ondas esféricas secundarias que avanzan con una velocidad y frecuencia igual a la de la onda primaria. el frente de onda primario al cabo de cierto tiempo es la envolvente de estas ondas elementales (López, 2019).

2.2.2.1. Velocidad de la Luz

Según García (2007) la relación entre la velocidad de propagación de la luz en el vacío y la del medio material se conoce como índice de refracción de ese medio, y se representa en la ecuación 1:

$$n = \frac{c}{v} \quad (\text{Ec. 1})$$

Y la velocidad de la luz v en un medio, conociendo el valor del índice de refracción en ese medio es:

$$v = \frac{c}{n} \quad (\text{Ec. 2})$$

Donde,

- $n=$ es el índice de refracción del medio (se tiene que para el vacío $n = 1$ y para los demás medios $n > 1$).
- $v=$ velocidad de propagación de la luz en el medio material.

- c = velocidad de propagación de la luz en el vacío.

2.2.2.2. Reflexión y Refracción

Cuando la luz incide en la superficie de separación de dos medios refractivos diferentes con distinto índice de refracción (distinta velocidad de la luz), parte de la energía luminosa se transmite y parte se refleja. La ley de reflexión se aplica a la reflexión de la luz, según la cual el rayo reflejado, el rayo incidente y la normal en la superficie de separación se encuentran en el mismo plano, que se denomina plano de incidencia, y el ángulo que forma el rayo reflejado con la normal (ángulo reflejado) es igual al ángulo del rayo incidente con la normal (ángulo de incidencia). Ángulo formado por el rayo incidente con la normal (ángulo de incidencia). Ángulo que forma el rayo incidente con la normal (ángulo de incidencia). (García, 2007)

Para incidencia perpendicular, se presenta la ecuación 3:

$$R = \frac{I_r}{I_i} = \left(\frac{n_1 - n_2}{n_1 + n_2} \right)^2 \quad (\text{Ec. 3})$$

Donde,

- R = la reflectancia de la superficie
- I_i = intensidad incidente
- I_r = intensidad reflejada
- n_1 y n_2 = índices que separa

La ley de Snell de la refracción relaciona el ángulo de incidencia q_1 con el ángulo de refracción q_2 cuando la luz pasa de un medio con índice n_1 a un medio con índice n_2 , esto se refleja en la ecuación 4:

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2 \quad (\text{Ec. 4})$$

2.2.2.3. Reflexión Total y Dispersión de la Luz

Cuando la luz que se propaga en un medio con índice de refracción n_1 incide en la superficie de partición de un segundo medio con índice de refracción $n_2 < n_1$, la luz se refleja completamente si el ángulo de incidencia es mayor que el ángulo crítico θ_c definido como:

$$\sin \theta_c = \frac{n_2}{n_1} \quad (\text{Ec. 5})$$

Este fenómeno se denomina reflexión total.

García (2007) afirma que tanto la velocidad de la luz en un medio determinado como su índice de refracción dependen de la longitud de onda de la luz. Este fenómeno se denomina dispersión de la luz, y la luz blanca que incide en un prisma se dispersa en los colores que la componen. Del mismo modo, las gotas de lluvia reflejan y refractan la luz solar para formar un arco iris.

2.2.3. Tipos de Pérdidas en la Fibra Óptica

Las fibras ópticas consisten en una serie de fibras de vidrio que transmiten información en forma de luz. Cuando la información se transmite a través de estas fibras, puede perderse.

Las pérdidas en una fibra óptica son la pérdida por absorción, la pérdida por radiación, la pérdida por dispersión, la pérdida por dispersión, la pérdida por macrocurvatura y la pérdida por microcurvatura.

A continuación, en la tabla 1 se presenta la descripción de los tipos de pérdidas en la fibra óptica:

Tabla 1.

Tipos de pérdidas en la fibra óptica

Tipos de pérdidas	Descripción
<p>Pérdidas por absorción</p> <p>Absorción intrínseca</p>	<p>La absorción intrínseca es la responsable de las propiedades fundamentales de la fibra. Si se considera la fibra para eliminar todas las impurezas e imperfecciones, todas las pérdidas serán intrínsecas. Estas pérdidas solo se pueden superar mediante el reemplazo del vidrio de sílice. En las longitudes de onda que abarcan desde los 700 nanómetros (nm) hasta los 1600 nm, la sílice exhibe un impacto mínimo en las regiones de interés para la comunicación óptica, lo que hace que las contribuciones de las colas de absorción de infrarrojos sean insignificantes.</p>
<p>Absorción extrínseca</p>	<p>La absorción extrínseca es ocasionada por la existencia de impurezas en la fibra óptica, como iones metálicos (por ejemplo, Fe²⁺,</p>

	<p>Cu²⁺, Cr³⁺) o la presencia de iones hidroxilo (OH⁻), específicamente silicio-hidroxilo (Si-OH) dentro de la fibra. Para lograr las pérdidas más bajas (<1 dB/km), las impurezas metálicas deben mantenerse por debajo de una parte por mil millones en fibras secas. La concentración de iones OH se reduce, y el pico a 1.39 μm desaparece.</p>
<p>Pérdidas por dispersión</p>	<p>Es una de las principales causas de las pérdidas de fibra óptica. En estado fundido las moléculas de sílice se mueven al azar y se congelan en un solo lugar, en estado sólido. Esto provoca fluctuaciones en la densidad y por lo tanto las fluctuaciones del índice de refracción se producen a lo largo de la fibra. La dispersión de la luz debido a esto se conoce como dispersión de Rayleigh y es el 96% de las pérdidas de fibra óptica.</p>
	<p>Dispersión lineal de Rayleigh</p> <hr/> <p>Dispersión lineal de Mie</p>

cilíndrica de la guía de ondas, tales como irregularidades en la interfaz núcleo-revestimiento. Diferencias de índice de refracción a lo largo de la longitud de fibra, diámetro, fluctuaciones, cepas y las burbujas.

Dispersión no lineal estimulada Brillouin

A frecuencias más altas, el efecto se hace más evidente. La dispersión estimulada por Brillouin, o SBS en inglés, se crea cuando la luz se modula como resultado de vibraciones termoiónicas en la fibra. Esta dispersión da lugar a la formación de un destello acústico que provoca un desplazamiento óptico de Stokes de unos 10 GHz, o desplazamiento de la frecuencia de Stokes. Es importante señalar que este fenómeno sólo se produce en la dirección opuesta al flujo de la luz, es decir, hacia atrás.

Dispersión no lineal estimulada Raman

Es comparable a la dispersión de Brillouin, con la salvedad de que se produce un fotón óptico en lugar de acústico. Es posible tanto el avance como el retroceso, y puede tener un umbral óptico hasta tres veces mayor que la

		dispersión de Brillouin. El desplazamiento de frecuencia es de unos 13 THz.
Pérdidas por absorción	Pérdidas por macro curvaturas	Estas curvaturas crean ángulos tan pronunciados que la luz no puede reflejarse en la fibra y, en su lugar, escapa a través del revestimiento, lo que provoca una pérdida de señal. Cuanto menor sea el radio de curvatura de la fibra, mayor será la pérdida de luz. En la norma de fibra óptica G.657.B.3 de la Unión Internacional de Telecomunicaciones, se especifica un radio normalizado de 5 mm.
Pérdidas por absorción	Pérdidas por micro curvaturas	Las microcurvaturas son pequeñas curvaturas causadas por la compresión o la presión sobre la fibra, que provocan la deformación de su estructura. Estas deformaciones provocan desplazamientos de la luz y pérdidas de fibra de vidrio.

Nota. Adaptado de (Telpro Madrid, 2021).

2.2.4. Bandas de Transmisión en la Fibra Óptica

Fiber Optic Co.Limited (2019) afirma que debido a las pérdidas por absorción y dispersión, la transmisión óptica a distancia está restringida a determinados rangos de longitud de onda.

Se ha oído hablar de bandas como O, E y L, entre otras. Estas bandas ópticas no son más que los rangos de longitud de onda de transmisión de la fibra óptica. A continuación, se proporciona una explicación más detallada al respecto.

Banda O - banda banda original 1260 nm - 1360 nm 0.33dB / km

Banda E banda extendida 1360nm - 1460nm 0.19dB / km

Banda S de longitud de onda corta 1460nm - 1530nm 0.22dB / km

Banda C - banda convencional 1530nm - 1565nm 0.20dB / km

Banda L - banda larga 1565nm - 1625nm 0.23dB / km

Banda U - banda Ultra-larga 1625nm - 1675nm 0.28dB / km

2.2.5. Tipos de Cables de Fibra Óptica

A continuación, se presenta la tabla 2 que resume los tipos de cables de fibra óptica más utilizados para el diseño de una red.

Tabla 2.

Tipos de cables de fibra óptica

Cable	Descripción
Cable blindado	Es para utilizar cables cegados en instalaciones exteriores, cuando los cables se enrollan directamente, se requiere un cable resistente que soporte la entrada de los roedores. En instalaciones bajo tierra cuando

	los cables se introducen directamente, el cable cegado soporta satisfactoriamente ser aplastado por un peso específico.
Cable “breakout”	Cuando se utilizan cables resistentes o cuando se requieren terminaciones directas sin paneles de conexión, cajas u otros equipos, el método preferido es el "breakout" de cable. Consisten en numerosos cables símplex conectados en una sola prenda. El diseño de este cable es fuerte y resistente, pero es más largo y caro que el cable de distribución. Es adecuado para tendidos de cables a través de conductores subterráneos, instalaciones de cables verticales (también conocidas como instalaciones "riser") y aplicaciones "plenum".
Cable simples y dúplex (zipcord)	El cable dúplex (zipcord) también puede utilizarse en conexiones de escritorio. Este tipo de cables suele utilizarse cuando se instala un cable de conexión (patchcord) o una placa de conexión lateral (backplane). Los cables simplex están hechos de una sola fibra ajustable con elementos de refuerzo de Kevlar (fibra de aramida) y una cubierta de uso interior. El diámetro medio de la funda es de 3 mm. En pocas palabras, el zipcord está formado por dos de estos tipos de cables conectados por una larga red.
Cable de distribución	El cable más utilizado para instalaciones interiores es el de distribución por su ligereza y reducido tamaño. Contiene diversas fibras de estructura ajustada juntas en una misma chaqueta con componentes de refuerzo de Kevlar y, en algunas ocasiones, una varilla de fibra de vidrio de refuerzo

para tensar el cable y evitar que se retuerza. Estos pequeños cables se utilizan para tendidos cortos a través de conductores subterráneos en zonas sin agua, así como para aplicaciones plenum e instalaciones de cables verticales.

Cable de estructura holgada	Los cables más utilizados en las conexiones externas son los de estructura holgada, porque son los que mejor protegen las fibras en condiciones de alta tensión por tracción y son sencillos de proteger de la humedad con gel o tejido impermeable. Estos cables están formados por varias fibras que se disponen en un pequeño tubo de plástico y se alistan en un elemento de soporte central que está rodeado por elementos de soporte de fibra de aramida. Todo ello está contenido en un pequeño cable formado por varias fibras por cable que está encerrado en un chaquete.
------------------------------------	---

Cable tipo cinta (ribbon)	Cuando se necesita un cable de diámetro pequeño con muchas fibras por cable, el tipo de cable que se debe utilizar es el de cinta. Este cable es el que tiene más fibras de todos los cables pequeños porque todas las fibras están dispuestas en filas dentro de cintas que suelen incluir 12 fibras, y las cintas están apiladas una encima de otra. Las 144 fibras sólo tienen una sección transversal media de unos 6 mm y un chaquete de 13 mm de diámetro.
----------------------------------	--

Nota. Adaptado de (The Fiber Optic Association, 2021).

2.2.6. Tipos de Tendido en la Fibra Óptica

Existe dos tipos de tendido en la fibra óptica: el tendido canalizado y el tendido aéreo, los cuales se los explica de forma individual en los siguientes apartados.

2.2.6.1.Tendido Canalizado

Los procedimientos de tracción del cable de fibra óptica exterior implican desenrollar el cable a través de uno de los conductores subconductores que componen el prisma de la canalización disponible (Herrizaingo, 2015).

Cualquier técnica disponible para las tendencias de canalización debe ser utilizada, y es un requisito que los conductores de la instalación sean mandrilados. La finalidad del mandrilado es verificar la continuidad de la conducción, lo que se realiza pasando un hilo con una punta de longitud y diámetro determinados.

2.2.6.2.Tendido Aéreo

(Herrizaingo, 2015) afirma que los tendidos aéreos son aquellos cuya instalación de cable se apoya en postes de telecomunicaciones o postes eléctricos. Aunque este tipo de tendido aún puede verse en zonas metropolitanas, tiende a utilizarse en zonas rurales e industriales. Su instalación suele ser más rápida y rentable.

El presupuesto para materiales es muy elevado, ya que la instalación requiere un cable fabricado específicamente para soportar las inclemencias del tiempo. Hay que añadir los costes de materiales, postes de madera, instalación y mano de obra si no se dispone de postes. Se trata de una instalación muy débil que se presta a manipulaciones y daños. Se requieren permisos especializados y personal cualificado para trabajos de alto nivel (Herrizaingo, 2015).

2.2.7. Tipos de Conexiones en la Fibra Óptica

La fibra óptica marcó un gran avance en las comunicaciones, ya que permitió transmitir datos con pulsos de luz a velocidades impresionantes. Para comprender plenamente esta tecnología, es necesario estudiar los distintos tipos de conexiones que permiten su funcionamiento eficaz.

Conexiones por Empalme Mecánico

Según Notario (2010) consiste en unir los dos extremos de la fibra sobre un soporte mecánico para permitir la alineación de la línea de captación y utilizar sistemas de presión o pegamentos para evitar la separación de las fibras. Con la intención de reducir la pérdida de inserción y la pérdida de retorno causadas por las reflexiones de la luz provocadas por las diferencias en los índices de refracción del nexo de la fibra y el aire, su interior se recubre con gel de igualación de índices.

Conexiones por Empalme de Fusión

Según Notario (2010) debido a su capacidad para ofrecer menores pérdidas de inserción y mayores pérdidas de retorno, lo que se traduce en menos reflexiones, los empalmes de fusión se utilizan con frecuencia en fibras monomodales y se consideran los mejores desde el punto de vista de la calidad técnica. Pero también es crucial tener en cuenta otros factores que afectan a aspectos económicos, tecnológicos y logísticos a la hora de elegir el tipo de empalme que se va a utilizar.

2.3.Redes PON (Red Óptica Pasiva)

Las redes ópticas pasivas (PON) son un tipo de tecnología FTTx que utiliza fibra y dispositivos pasivos (dispositivos que no necesitan alimentación) para prestar servicios de comunicación de banda ancha a los usuarios finales. Las redes PON incluyen varios tipos que se especifican más adelante.

2.3.1. Comparativa de Redes PON

A continuación, en la tabla 3 se ofrece una comparación general de las distintas y principales redes PON:

Tabla 3.

Comparativa de Redes PON

Red	Descripción
APON (red óptica pasiva ATM)	Es un tipo de red óptica pasiva que utiliza la tecnología ATM (modo de transferencia asíncrono) para transmitir señales de datos de alta velocidad. La principal ventaja de APON es que la voz y los datos pueden transmitirse por la misma red óptica, lo que la hace idónea para las redes de acceso a las telecomunicaciones. Utiliza componentes ópticos pasivos en lugar de componentes ópticos activos en el emplazamiento de cada usuario, lo que la hace barata y fácil de desplegar. Con el tiempo, ha sido sustituida por otras tecnologías como GPON y XG-PON, que ofrecen mayores velocidades de datos y ancho de banda.
BPON (Red Óptica Pasiva de Banda Ancha)	Se trata de una tecnología PON que se adelanta a GPON y EPON al soportar velocidades de conexión de hasta 155 Mbps en sentido descendente y hasta 622 Mbps en sentido ascendente.

GEPON (Red Óptica Pasiva Gigabit Ethernet)	Con velocidades de datos de hasta 1 Gbit/s, es una solución asequible para proporcionar acceso de banda ancha de alta velocidad a un gran número de usuarios.
XG-PON (Red Óptica Pasiva de 10 Gigabits)	Ofrece velocidades de datos de hasta 10 Gbps y es adecuada para aplicaciones de banda ancha de alta velocidad, como acceso a Internet de alta velocidad y transmisión de vídeo HD.
GPON (Gigabit Passive Optical Network)	Ofrece velocidades de datos de hasta 2,5 Gbps y es una solución rentable para proporcionar acceso de banda ancha de alta velocidad a un gran número de usuarios.
EPON (Red Óptica Pasiva Ethernet)	Con velocidades de datos de hasta 1 Gbit/s, es una solución rentable para proporcionar acceso de banda ancha de alta velocidad a un gran número de usuarios.

Nota. Adaptado de (Millán, 2007) y (Castro Ramírez, 2016).

En general, las redes PON son una solución rentable y eficaz para proporcionar acceso de banda ancha de alta velocidad a un gran número de usuarios. La velocidad y la capacidad dependen del tipo de PON utilizado y de los requisitos específicos de la red. (Millán, 2007)

Según Castro (2016) afirma que GPON y EPON son las tecnologías PON más utilizadas en la actualidad debido a su mayor capacidad de transmisión de datos y a su mayor compatibilidad con servicios de telecomunicaciones de banda ancha.

2.4.Redes GPON

La tecnología GPON también se conoce como tecnología de acceso o tecnología FTTx y fue desarrollada por el UIT-T como norma G.984. GPON cuenta con una red troncal de cables de fibra óptica que sirve de medio de distribución para los clientes. Con GPON, la información recibida de la distribución central se distribuye a los clientes a través de divisores/distribuidores de rama para llegar a más clientes. Las velocidades medias de bajada y subida de datos de cada GPON son de 2,488 Gbit/s y 1,244 Gbit/s, respectivamente. La propia GPON utiliza una tecnología denominada multiplexación por división de longitud de onda (WDM) para enviar los datos en sentido ascendente y descendente. (Adhi et al., 2021)

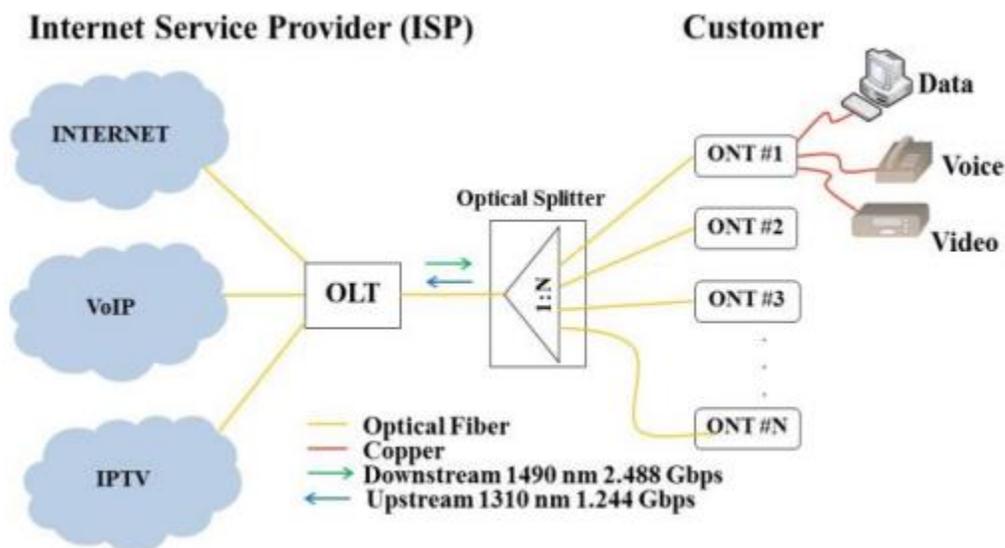
2.4.1. Arquitectura GPON

Una red GPON consta de un OLT (Terminal de Línea Óptica) en las instalaciones del operador y las ONT (Terminal de Red Óptica) en las de los abonados para FTTH. La OLT consta de varios puertos de línea GPON, cada uno de los cuales admite hasta 64 ONT. Aunque depende del proveedor, algunos sistemas pueden alojar hasta 7.168 ONT en el mismo espacio que un DSLAM. En las arquitecturas FTTN, las MDU (unidades multihabitación) se instalan en lugar de las ONT y suelen suministrar VDSL2 a los hogares de los abonados. De este modo, se reutiliza la línea de cobre instalada, pero se consiguen las cortas distancias necesarias para alcanzar velocidades simétricas de hasta 100 Mbit/s por abonado. (Millán, 2007)

El OLT, conecta varios ONT utilizando un divisor óptico pasivo como se muestra en la figura 6:

Figura 6

Arquitectura GPON



Nota. Adaptado de “Design and Implement of GPON-FTTH network for residential condominium” (p. 2), por Jirachariyakool et al., 2017, *IEEE Thailand Section*.

La especificación estándar de la tecnología GPON se muestra en la tabla 4:

Tabla 4.

Especificación de GPON

Parámetro	Especificación
Estándar	UIT-T G.984
Tasa de bajada	2,488 Gbps
Tasa de subida	1,244 Gbps
Longitud de onda descendente	1490 nm
Longitud de onda ascendente	1310 nm
Protocolo	ATM, TDM, Ethernet

Servicio	Datos, voz y video
Proporción máxima de división de PON	1:64
Distancia máxima	20 km

Nota. Adaptado de (Jirachariyakool et al., 2017).

Para mayor entendimiento los componentes que conforman la arquitectura de una red FTTH GPON incluyen:

- **OLT:** El terminal de línea óptica, que se encuentra en la oficina central.
- **ODN:** La red de distribución óptica, se compone de tres redes: la de alimentación, la de distribución y la de dispersión.
- **ONT:** Terminales de Red ópticos, también conocidos como ONU (optical network unit), se encuentran en las instalaciones del usuario final y proporcionan las interfaces de los dispositivos (Quisnancela & Espinosa, 2016).

2.4.2. Recomendación ITU-T G 984.X

Quisnancela & Espinosa (2016) afirma que la norma UIT-T G.984.x (x = 1, 2, 3, 4, 5, 6) es una recomendación exhaustiva y complicada que no sólo ayuda en el diseño y certificación de topologías GPON, sino que también proporciona un criterio amplio que busca maximizar los recursos como elementos pasivos y proyectar diseños ideales para evitar trabajos posteriores a la construcción.

Según Quisnancela & Espinosa (2016) los parámetros para certificar una red FTTH GPON con respecto a la recomendación ITU-T G.984.x son los siguientes:

G.984.1 Redes ópticas pasivas con capacidad de Gigabits: Características generales

Esta Recomendación aborda una red de fibra óptica altamente adaptable que puede satisfacer las demandas de ancho de banda tanto para usuarios individuales como para empresas. Cubre sistemas con velocidades de transmisión nominales de 1,2 Gbit/s y 2,4 Gbit/s en la dirección de descarga (hacia el destino), y de 155 Mbit/s, 622 Mbit/s, 1,2 Gbit/s y 2,4 Gbit/s en la dirección de carga (hacia el origen). Describe sistemas de redes ópticas pasivas con capacidades de Gigabits, tanto simétricos como asimétricos (en direcciones ascendente y descendente). Asimismo, propone características generales para los sistemas GPON basándose en los requerimientos de servicio de los proveedores de servicios (ITU-T, 2008a).

G.984.2 Redes ópticas pasivas con capacidad de gigabits: Especificación de la capa dependiente de los medios físicos

La Recomendación UIT-T G.984.2 describe una red de acceso flexible de fibra óptica capaz de soportar los requisitos de ancho de banda de los servicios empresariales y residenciales, y cubre sistemas con velocidades de línea nominales de 1 244 160 Mbit/s y 2 488 320 Mbit/s en sentido descendente y 155 520 Mbit/s, 622 080 Mbit/s, 1 244 160 Mbit/s y 2 488 320 Mbit/s en sentido ascendente. Se describen sistemas de red óptica pasiva con capacidad de gigabit (GPON) simétricos y asimétricos (ascendentes y descendentes). Esta Recomendación propone los requisitos y especificaciones de la capa física dependiente del medio físico (PMD) (ITU-T, 2019).

G.984.3 Redes ópticas pasivas con capacidad de gigabits: Especificación de la capa de convergencia de transmisión

La Recomendación UIT-T G.984.3 describe la capa de convergencia de transmisión para redes ópticas pasivas con capacidad para gigabits, una familia de redes de acceso flexibles capaces

de proporcionar una gama de servicios de banda ancha y banda estrecha, que funcionan a velocidades de 2,48832 Gbit/s en sentido descendente y 1,24416 o 2,48832 Gbit/s en sentido ascendente. Esta Recomendación incluye las especificaciones de: encuadre de la capa de convergencia de transmisión gigabit PON (GTC); mecanismo de acceso múltiple por división en el tiempo en sentido ascendente; canal de mensajería de operación, administración y mantenimiento (OAM) de la capa física; principios y mecanismo de señalización de la asignación dinámica de ancho de banda en sentido ascendente; método de activación de la unidad de red óptica (ONU); corrección de errores hacia adelante y seguridad (ITU-T, 2014).

G.984.4 Redes ópticas pasivas con capacidad de gigabits: Especificación de la interfaz de control y gestión de la terminación de red óptica

La Recomendación UIT-T G.984.4 proporciona la especificación de la interfaz de gestión y control (OMCI) de terminación de red óptica (ONT) para sistemas de red óptica pasiva con capacidad de gigabits (GPON) definidos en las Recomendaciones UIT-T G.984.2 y G.984.3. En primer lugar, especifica las entidades gestionadas de una base de información de gestión (MIB) independiente del protocolo que modela el intercambio de información entre la terminación de línea óptica (OLT) y la terminación de red óptica (ONT). Además, cubre el canal de gestión y control de la ONT, el protocolo y los mensajes detallados.

Además del trabajo de recopilación puramente editorial, esta revisión se esfuerza por eliminar todas las referencias a las capacidades de transporte ATM opcionales de GPON, ya que todos los sistemas modernos no lo soportan (ITU-T, 2008b).

G.984.5 Redes ópticas pasivas con capacidad de gigabits: Banda de ampliación

La Recomendación UIT-T G.984.5 define las gamas de longitudes de onda reservadas para señales de servicio adicionales que se superpondrán mediante multiplexación por división de longitud de onda (WDM) en redes ópticas pasivas con capacidad de gigabits (GPON) para maximizar el valor de las redes de distribución óptica (ODN) (ITU-T, 2022).

G.984.6 Redes ópticas pasivas con capacidad de Gigabit (GPON): Extensión del alcance

La Recomendación UIT-T G.984.6 describe la arquitectura y los parámetros de interfaz de los sistemas GPON de alcance ampliado que utilizan un dispositivo de ampliación del alcance de la capa física, como un regenerador o un amplificador óptico, en el enlace de fibra entre la terminación de línea óptica (OLT) y la terminación de red óptica (ONT). El alcance máximo es de hasta 60 km, con unas pérdidas superiores a 27,5 dB en ambos tramos (ITU-T, 2008c).

G.984.7 Redes ópticas pasivas con capacidad de gigabits (GPON): Largo alcance

La Recomendación UIT-T G.984.7 define la distancia diferencial máxima entre dos ONU cualesquiera de la red óptica pasiva (PON) en 20 km y el alcance lógico GPON se ha definido en 60 km. Sin embargo, sobre la base de la experiencia práctica de despliegue, se ha comprobado que una distancia diferencial de 40 km que oscila entre 0 y 40 km, 20 y 60 km, o distancias intermedias permite una flexibilidad significativa en el despliegue de PON y ofrece muchas ventajas, incluida la capacidad de dar servicio a zonas escasamente pobladas de manera eficiente. La presente Recomendación describe los requisitos necesarios para que la GPON soporte la distancia diferencial de 40 km (ITU-T, 2010).

2.5.Redes de Acceso FTTX

A continuación, se presentan las principales aplicaciones FTTx. Cada una de estas aplicaciones tiene unas ventajas y características que la hacen más adecuada para unas aplicaciones que para otras.

Fibra hasta el Nodo (FTTN)

Según Quisnancela & Espinosa (2016) este término se refiere al uso de fibra desde el centro de red primario del operador hasta un nodo intermedio, o centro de red secundario del operador. Se podría pensar en un centro principal, donde se concentra la conectividad de una región, y centros secundarios, que se delegan en ciudades más pequeñas. Si la ciudad es grande, puede haber varios centros principales y luego varios centros secundarios repartidos por los barrios. Deben estar a menos de un kilómetro y medio de una radio para dar servicio a cientos de clientes. La distancia restante hasta la casa, a menudo denominada "última milla", puede alcanzarse mediante DSL a través de las redes telefónicas actuales. La proximidad del cliente al nodo y los protocolos de entrega determinan las velocidades de transmisión de datos.

Fibra hasta el Edificio (FTTB)

La expresión "conexión de fibra óptica a edificio" hace referencia a una conexión realizada mediante fibra óptica a una ubicación dentro de un edificio, como el RITI (caja de distribución principal de un edificio). A partir de ese punto, la conexión utiliza la infraestructura existente, ya sean redes LAN basadas en Ethernet, redes de distribución por cable o coaxiales. Es habitual su uso en grandes urbanizaciones privadas, edificios comerciales, instalaciones médicas, complejos hoteleros, estadios deportivos, etc (Quisnancela & Espinosa, 2016).

Fibra hasta la Acera (FTTC)

Según Quisnancela & Espinosa (2016) se refiere al uso de fibra desde el núcleo de la red del operador hasta un nodo intermedio; no se refiere a un bordillo de hormigón. Es el poste o armoire que aloja el dispositivo de comunicaciones montado como pedestal o un pequeño nodo central que da servicio a varias manzanas; el resto del trayecto suele ser de coaxial telefónico (utilizado para dar acceso a ADSL, VDSL, etc.) o cable coaxial.

Sin embargo, durante este trayecto se pierde grosor de banda, por lo que sólo se puede dar servicio a unos pocos clientes en un radio de 1.000 pies.

Fibra hasta la Antena (FTTA)

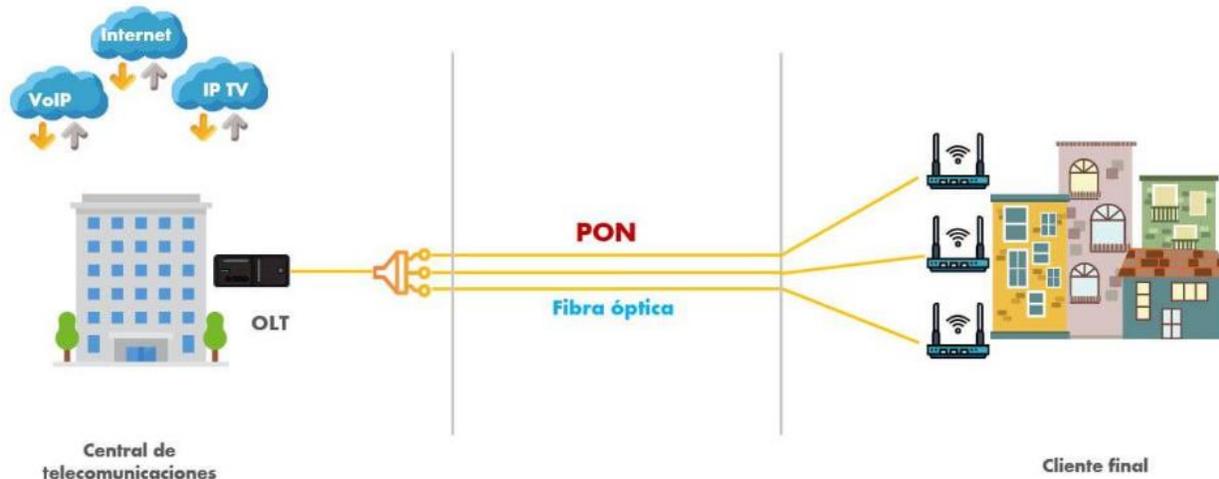
Se trata de una arquitectura orientada hacia el interior en la que la fibra óptica se distribuye hasta la parte superior de la torre, sustituyendo gran parte de lo que normalmente se acabaría con un cable coaxial más caro. Los componentes importantes, como las unidades de radio remotas (RRU), también se sitúan en la parte superior de la torre en lugar de en la base (Quisnancela & Espinosa, 2016).

Fibra hasta el Hogar (FTTH)

FTTH es el acrónimo de "Fiber To The Home" o "Fibra hasta el hogar" en español. Es una arquitectura de redes de telecomunicaciones en la que se utiliza fibra óptica para llevar una conexión de internet de alta velocidad directamente al hogar de un usuario, en lugar de hacerlo a través de una red de cobre o coaxial.

Figura 7

Red de acceso FTTH



Nota. Adaptado de “Certificación de redes GPON, normativa ITU G.984.x”, por (Quisnancela & Espinosa, 2016).

Su arquitectura en línea sustituye una parte significativa de lo que normalmente se completaría con un cable coaxial más caro, al dispersar la fibra óptica hasta la parte superior de la torre. Los componentes importantes, como la colocación de la unidad de radio remota (RRU), también se realizan en la parte superior de la torre en lugar de en la base.

5.4.5.1. Ventajas

La FTTH es una red de acceso que utiliza la fibra óptica como medio de transmisión y que se canaliza hasta los clientes cercanos a las viviendas. Las ventajas de la FTTH son un medio de transmisión y una velocidad muy amplios, unas pérdidas bajas, inferiores a 0,5 dB/km, y la inmunidad de la red frente a las interferencias electromagnéticas (Adhi et al., 2021).

La ventaja de utilizar fibra óptica en lugar de otro tipo de medios de transmisión es que tiene un ancho de banda mucho mayor, lo que permite velocidades de transmisión mucho más

altas. Además, la fibra óptica es menos propensa a las interferencias electromagnéticas y tiene una menor pérdida de señal, lo que permite transmitir señales a distancias más largas.

2.6. Organismos Reguladores en el Ámbito Nacional e Internacional

Según Muñoz (2017) los organismos oficiales están compuestos por consultores externos, miembros de los departamentos o secretarías de Estado de varias naciones y otros miembros.

Existen organismos reguladores en el ámbito nacional e internacional. En nuestro país, Ecuador, ARCOTEL es el organismo regulador, a continuación, se explica con más detalle el organismo.

2.6.1. ARCOTEL

La Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones (ARCOTEL) es la entidad encargada de la administración, regulación y control de las telecomunicaciones y del espectro radioeléctrico y su gestión, así como de los aspectos técnicos de la gestión de medios de comunicación social que usen frecuencias del espectro radioeléctrico o que instalen y operen redes (ARCOTEL, 2020).

Según ARCOTEL (2020) la misión de ARCOTEL es regular el uso del espectro radioeléctrico y los servicios de telecomunicaciones con la finalidad de garantizar el derecho de acceso a servicios de calidad, convergentes, con precios y tarifas equitativas; gestionar los recursos inherentes a las telecomunicaciones mediante su asignación transparente, equitativa, eficiente y ambientalmente sostenible; controlar el uso del espectro radioeléctrico, y la prestación de servicios de telecomunicaciones con calidad, universalidad, accesibilidad, continuidad, seguridad en las comunicaciones y protección de datos personales.

Normativa vigente con relación al diseño y despliegue de redes de fibra óptica.

La Resolución ARCOTEL-2017-0584 del 23 de junio de 2017 establece la Norma Técnica para el Ordenamiento, Despliegue y Tendido de Redes Físicas Aéreas de Servicios del Régimen General de Telecomunicaciones y Redes Privadas en Ecuador. Fue publicada en el Registro Oficial N° 48 del 1 de agosto de 2017.

Esta norma proporciona directrices y regulaciones específicas para el despliegue de infraestructura de telecomunicaciones, especialmente las redes físicas aéreas (ARCOTEL, 2017).

Según ARCOTEL (2017) algunos de los puntos más importantes que esta norma aborda pueden incluir:

1. Requisitos para el despliegue: Establece los criterios y requisitos técnicos que deben cumplir las redes físicas aéreas de servicios de telecomunicaciones. Esto puede abarcar aspectos como la calidad de los materiales, la resistencia a condiciones climáticas, y otros parámetros técnicos relevantes.

2. Procedimientos de autorización: Define los procedimientos y requisitos que deben seguirse para obtener la autorización necesaria para desplegar redes físicas aéreas. Esto puede incluir aspectos relacionados con los permisos, licencias y trámites administrativos.

3. Seguridad y Salud Ocupacional: Puede incluir disposiciones para garantizar la seguridad de los trabajadores involucrados en el despliegue y mantenimiento de las redes físicas aéreas, así como medidas para prevenir accidentes y riesgos laborales.

4. Protección del entorno: Establece directrices para minimizar el impacto ambiental y visual del despliegue de infraestructura de telecomunicaciones, incluyendo disposiciones para el ordenamiento urbano y regulaciones estéticas.

5. Mantenimiento y operación de las redes: Puede incluir recomendaciones o requisitos para el mantenimiento y operación de las redes físicas aéreas, garantizando su buen funcionamiento a lo largo del tiempo.

6. Sanciones por incumplimiento: Puede detallar las sanciones que podrían aplicarse en caso de incumplimiento de las regulaciones establecidas en la norma.

Y con respecto a ejemplos de organismos oficiales internacionales se encuentran: ISO, IEEE y ANSI. A continuación, se describirá con más detalle algunos de ellos.

2.6.2. ISO (International Organization for Standardization)

El objetivo de la organización internacional para la normalización, que tiene su sede en Ginebra (Suiza), es la elaboración de normas que abarquen una amplia gama de materias. Esta organización ha definido numerosas normas para diversos marcos teóricos, que van desde el paso de tornillos hasta arquitecturas de comunicación para la interconexión de sistemas abiertos (OSI - Open Systems Interconnection). La ISO está compuesta por organismos de normalización de varias naciones (como ANSI en Estados Unidos, DIN en Alemania, AENOR en España, etc.) y un grupo de organizaciones observadoras sin derecho a voto. Pese a ser una organización no gubernamental, la mayoría de sus miembros son organizaciones relacionadas con los gobiernos (Muñoz, 2017).

2.6.3. ITU (International Telecommunication Union)

La UIT es la organización más importante de las Naciones Unidas en lo que respecta a las tecnologías de la información (UIT en español, Unión Internacional de Telecomunicaciones). Esta organización sirve de centro mundial para el desarrollo de redes y servicios por parte de los gobiernos y el sector privado. La UIT coordina el uso del espectro radioeléctrico fomentando la cooperación internacional en la asignación de órbitas de satélites, trabajando para mejorar la infraestructura mundial de comunicaciones, estableciendo normas mundiales para la interconexión de una amplia gama de sistemas de comunicación y abordando cuestiones de actualidad como el cambio climático y la seguridad en el ciberespacio. Su sede está en Ginebra (Suiza) y cuenta con 191 Estados miembros y más de 700 miembros sectoriales (Muñoz, 2017).

2.6.4. IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers).

La mayor organización profesional dedicada al avance de la innovación y la excelencia tecnológicas en beneficio de la humanidad es el IEEE (en español, Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos). A través de sus muy citadas publicaciones, conferencias, normas tecnológicas y actividades profesionales y educativas, el IEEE y sus miembros inspiran a una comunidad mundial a innovar para un mañana mejor. Se fundó en 1884 y desde entonces ha desarrollado normas para las industrias eléctrica y electrónica. El trabajo del Comité 802, que desarrolla normas de comunicación para la interfaz física de las conexiones a redes locales de datos, es muy interesante desde la perspectiva de las redes de datos (Muñoz, 2017).

2.6.5. IETF (Internet Engineering Task Force)

Muñoz (2017) afirma que el objetivo principal de esta Organización Internacional de Normalización Abierta para el Trabajo de Ingeniería de Internet es hacer avanzar la ingeniería de

Internet mediante el trabajo en diversos campos, como el transporte, la entrega y la seguridad. Se creó en Estados Unidos en 1986. El IETF es conocido por ser el organismo que controla las propuestas y normas de Internet, a veces conocidas como RFC (Request For Comments).

Es una organización sin ánimo de lucro que acepta la participación de cualquier persona y cuyo objetivo es garantizar que la arquitectura de Internet y los protocolos que la componen funcionen correctamente. Se considera la organización con más autoridad para establecer cambios en los parámetros técnicos que rigen el funcionamiento de la red. El IETF está formado por ingenieros (Muñoz, 2017).

CAPÍTULO III SITUACIÓN ACTUAL

El presente capítulo, tiene como propósito brindar una visión completa y detallada de la situación actual de la infraestructura de telecomunicaciones y servicios de internet en la parroquia Pioter. Para llevar a cabo el diseño efectivo de la red, es esencial comprender a fondo el entorno en el que se implementará. A lo largo de este capítulo, se presentará un análisis detallado de los datos proporcionados por el proveedor de internet, Telenlaces Sistemas y Telecomunicaciones S.A., así como una descripción general de la parroquia y una evaluación exhaustiva del servicio de internet actual, juntamente con los requisitos que se necesita para el diseño de la red.

La primera sección abordará los datos suministrados por el proveedor de internet, igualmente se brindará información esencial sobre la parroquia en cuestión, incluyendo aspectos demográficos y geográficos que influirán en el diseño y despliegue de la red.

A continuación, se analizará en profundidad la situación actual del servicio de internet en la parroquia Pioter. Esta evaluación se basará en una encuesta realizada a la población, con el fin de recopilar datos precisos sobre las necesidades y expectativas de los usuarios en términos de conectividad. Posteriormente, se llevará a cabo un análisis detallado de la información obtenida en la encuesta.

Por último, se hace un enfoque para establecer los requisitos esenciales para la configuración de la red, utilizando como referencia las directrices propuestas por la ITU-T, específicamente, la serie G.984.x, la cual comprende una variedad de pautas y estándares fundamentales para la implementación eficaz de redes de fibra óptica. Estas recomendaciones

ofrecen pautas esenciales que abarcan desde la estructura hasta los procedimientos operativos, asegurando la creación de una red sólida y eficiente.

3.1.Historia de la empresa Telenlaces S.A.

La idea de formar la empresa Telenlaces surgió en el año 2006 cuando un grupo de profesionales en sistemas informáticos y telecomunicaciones identificó la dificultad de acceso a Internet en los hogares de la ciudad de Tulcán. TELENLACES SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES S.A., registrada con el RUC 0992558601001, fue oficialmente constituida en Ecuador el 28 de noviembre de 2007. El 18 de mayo de 2008, el cambio de domicilio y la reforma de estatutos sociales fueron inscritos en el Registro de la Propiedad y Mercantil del cantón Tulcán, estableciendo el domicilio principal en Tulcán, provincia del Carchi (Telenlaces S.A., 2023).

Según el artículo tercero de su constitución, TELENLACES SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES S.A. tiene la autorización para ofrecer servicios de provisión y explotación de diversas redes de telecomunicaciones para el transporte de datos y otros servicios, incluyendo la transmisión de señales como voz, imagen, datos, video, servicios de valor agregado y multimedia, así como el acceso a otros servicios de telecomunicaciones, conforme a la tecnología actual y futura (Telenlaces S.A., 2023).

En diciembre de 2011, el Consejo Nacional de Telecomunicaciones del Ecuador emitió la Resolución 661-20-CONATEL-2011, otorgando a TELENLACES SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES S.A. el permiso para la instalación, operación y explotación de Servicios de Valor Agregado en Redes de Telecomunicaciones (Telenlaces S.A., 2023).

3.2. Telenlaces Sistemas y Telecomunicaciones S.A.

Telenlaces S.A. es un proveedor de Internet en la provincia del Carchi, su oficina central se encuentra en la ciudad de Tulcán, en las calles Calle Junín y Sucre, fue fundada el 09 de enero de 2008. En la empresa, se ha implementado una moderna infraestructura de red basada en Fibra Óptica GPON, lo cual permite ofrecer un servicio de alta calidad con una conexión extremadamente estable. El servicio se despliega a través de una conexión de Fibra Óptica directamente hasta el hogar o negocio, lo que garantiza una experiencia de navegación rápida y confiable (Telenlaces S.A., 2021).

Además, para asegurarse de que los clientes obtengan el máximo provecho de la conexión, se incluye un Router WIFI de última generación con tecnología 5G AC. Este router cuenta con 4 antenas de doble banda y es ideal para la transmisión de video en resolución 4K y descargas de alta velocidad. En la empresa están comprometidos con proporcionar soluciones de conectividad de vanguardia para satisfacer las necesidades de sus clientes y mejorar su experiencia en línea (Telenlaces S.A., 2021).

3.3. Área de Cobertura

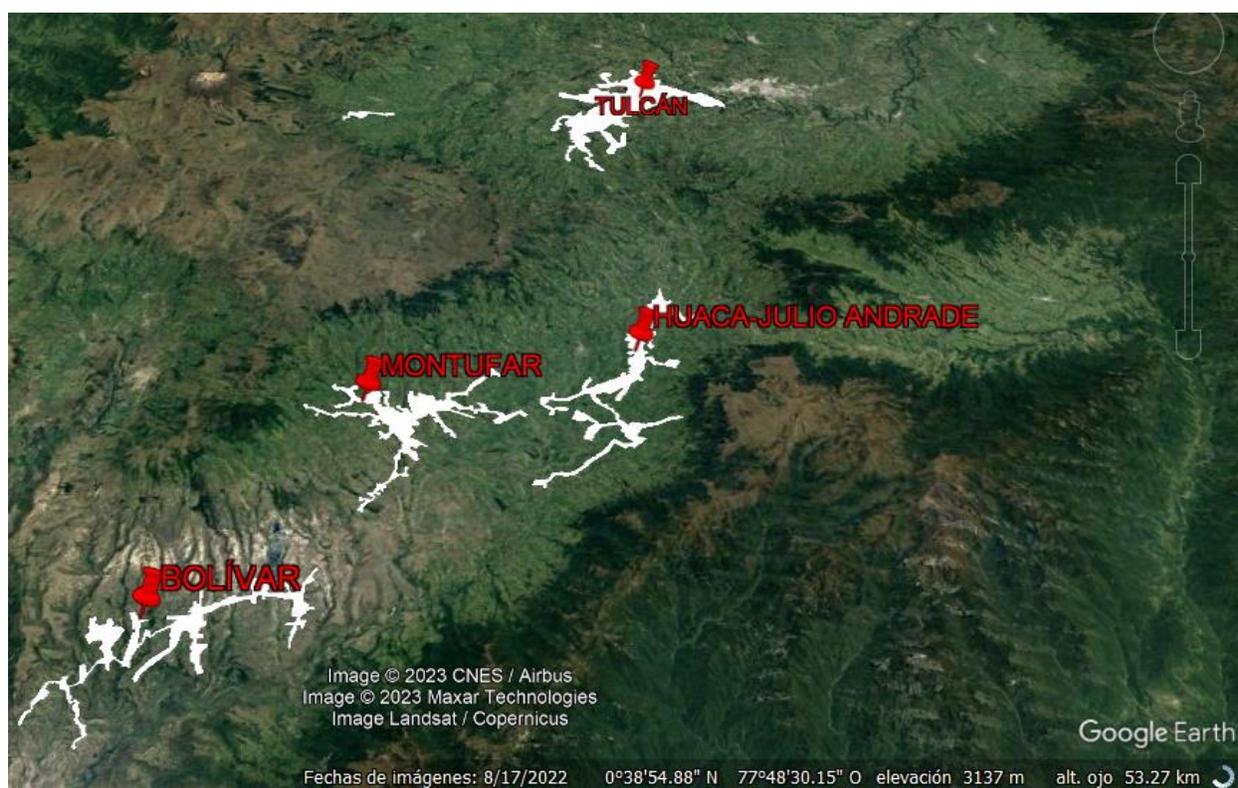
Según Telenlaces S.A. (2021) se tiene una gran cobertura en los cantones que se presentan en la figura 8, los cuales se los menciona a continuación.

- **Cantón Tulcán:** Cobertura en toda la zona urbana de la ciudad de Tulcán, Tufiño, Julio Andrade y Santa Martha de Cuba.
- **Cantón Huaca:** Cobertura en toda la zona urbana de la ciudad de Huaca y Mariscal Sucre.

- **Cantón Montúfar:** Cobertura en toda la zona urbana de la ciudad de San Gabriel, Chitán de Navarrete, Cristóbal Colón, Piartal, Fernández Salvador y La Paz.
- **Cantón Bolívar:** Cobertura en toda la zona urbana de la ciudad de Bolívar, Cuesaca, Los Andes, El Izal y Cunquer.

Figura 8

Área de cobertura de la empresa Telenlaces – Cantones NODOS PRIMARIOS



Nota. La figura muestra la ubicación de los cantones en los cuales la empresa Telenlaces S.A. ofrece el servicio de internet (Telenlaces S.A., 2022).

3.4. Planes de Internet con fibra óptica

En la tabla X se presenta los planes de internet que la empresa ofrece con su respectivo costo:

Tabla 5*Planes de internet con Fibra óptica*

Planes	Costo
Plan por abrirse	17,00 USD
Plan FibraEnlace – 200 Megas	20, 00 USD
Plan MegaEnlace – 300 Megas	25, 00 USD
Plan UltraEnlace – 400 Megas	30, 00 USD

Nota. La información se ha sustraído de los informes del GAD Pioter y ha sido recalcada por su equipo consultor (Telenlaces S.A., 2021).

3.5.Datos Generales de la Parroquia**Localización**

El equipo consultor del Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial rural de Pioter ha dado a conocer que, “La parroquia Pioter fue creada el 16 de febrero de 1948, se encuentra ubicada en el sector septentrional del país, al noreste de la provincia del Carchi y al suroeste del cantón Tulcán del que forma parte” (GADPR Pioter, 2019, p. 26). Y presenta los siguientes límites:

- **Norte:** Quebrada Santo Tomás
- **Sur:** Cantón Montufar
- **Este:** Santa Martha de Cuba
- **Oeste:** Chitán de Navarrete

Extensión territorial

La parroquia de Pioter tiene una extensión territorial de 17,81 km², es decir, 50 hectáreas que representa el 0,98 % del área total del Cantón Tulcán (GADPR Pioter, 2019).

De igual manera, en la tabla 6 se proporciona una descripción detallada de los barrios y comunidades presentes en la parroquia.

Tabla 6

División Política Parroquia Pioter

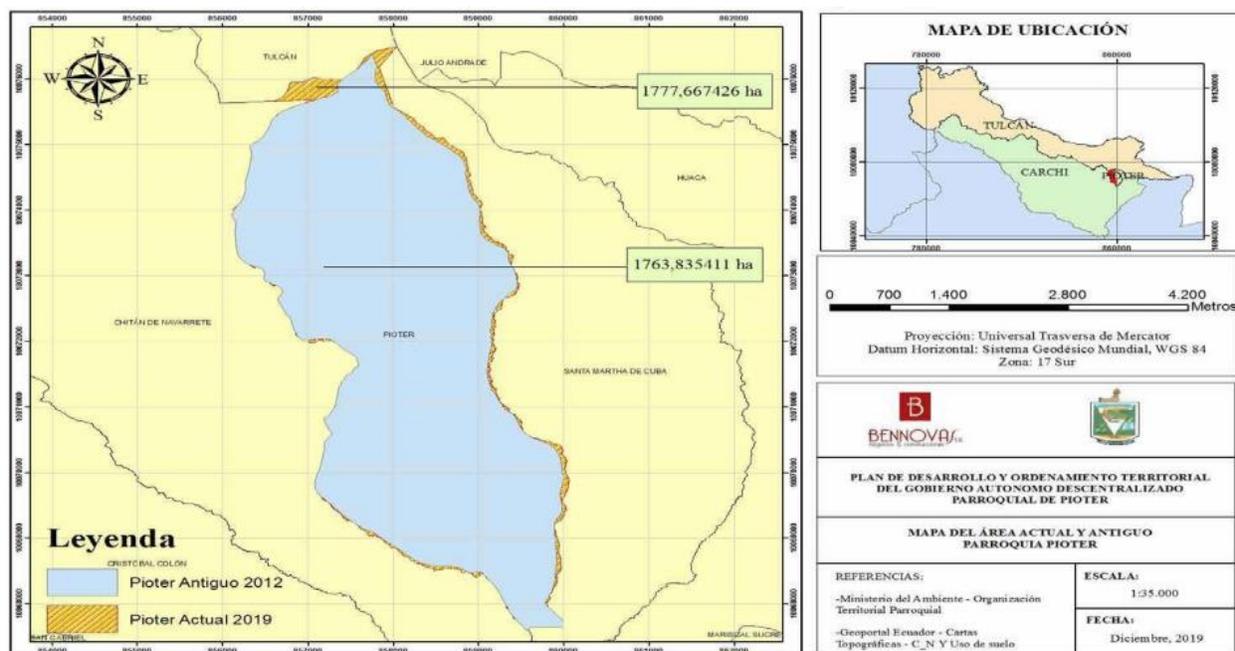
Barrios
San Francisco
San Vicente (Cabecera Parroquial)
San José
Comunidades
San Francisco
Bellavista
San Pedro

Nota. La información se ha sustraído de los informes del GAD Pioter y ha sido recalcada por su equipo consultor (GADPR Pioter, 2019).

La figura 9 presenta un mapa que compara el área actual con la anterior de la parroquia de Pioter, junto con una leyenda que facilita la distinción entre ambas.

Figura 9

Mapa antiguo y actual, Parroquia Pioter



Nota. La figura muestra el mapa actual y antiguo con el área de la parroquia Pioter, adaptado por (GADPR Pioter, 2019).

Distribución poblacional

Según la información proporcionada por el Censo Nacional de Población y Vivienda de 2010, la parroquia de Pioter contaba con una población de 718 habitantes en esa fecha. Sin embargo, de acuerdo con un estudio llevado a cabo por el equipo encargado del Plan de Uso y Gestión de Suelo Administración para el periodo 2019-2023, se determinó que para el año 2020 la población de la parroquia había aumentado a 850 habitantes, con una proyección de alcanzar los 1048 habitantes para el año 2040 (GAD Tulcán, 2020).

En lo que respecta a la composición demográfica por género, en la tabla 7 se observa que el grupo masculino constituye la mayoría, representando un 51,1%, mientras que el grupo femenino corresponde al 48,9%, con un total de 367 hombres y 351 mujeres, respectivamente.

Tabla 7*Población Parroquia Pioter, por sexo y edad, año 2010*

Rango de edad	Población Femenina	Población Masculina	Total
0 – 4 años	28	33	61
5 – 9 años	29	38	67
10 – 14 años	41	42	86
15 – 19 años	33	38	71
20 – 24 años	25	33	58
25 – 29 años	25	19	44
30 – 34 años	33	21	54
35 – 39 años	27	30	57
40 - 44 años	19	23	42
45 – 49 años	19	13	32
50 – 54 años	12	15	27
55 – 59 años	12	11	23
60 – 64 años	11	13	24
65 – 69 años	12	11	23
70 – 74 años	10	16	26
75 – 79 años	7	5	12
80 – 84 años	4	4	8
85 en adelante	4	2	6

Total	351	367	718
Porcentaje	48.9 %	51.1 %	100 %
Total			

Nota. Toda la información de la tabla se la recopiló de (Grupo Consultor ACME, 2015).

De acuerdo con lo mencionado por el Grupo Consultor ACME (2015), el número total de viviendas en la parroquia, clasificadas por tipo de material de construcción, es de 344. Sin embargo, considerando la información proporcionada por el Gobierno Autónomo Descentralizado del Municipio de Tulcán en su Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial 2020-2023, se indica que, 180 viviendas cuentan con servicio eléctrico en la parroquia (GADMT, 2020).

Proyección de la población: De acuerdo con los datos del Censo 2010 del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, y considerando las estimaciones para los años 2020 y 2030, se evidenció que la población de la parroquia de Pioter fue de 850 habitantes en 2010 y se proyecta que alcance los 937 habitantes para el año 2030 (GADMT, 2020).

3.6.Situación actual del servicio de internet

En este segmento, se mencionará un tema clave: población y muestra. se enfocará en la comprensión de estos conceptos y su importancia para asegurar que la investigación tenga sentido y sea útil, así como se describirá la fórmula de muestra utilizada.

Se expondrán los descubrimientos derivados de la encuesta llevada a cabo. Los datos recolectados ofrecen una perspectiva detallada sobre la actualidad del servicio de internet, lo que posibilita un análisis minucioso de los diversos factores que afectan su calidad y disponibilidad.

Población y Muestra

Para esta sección se ha tomado información de la página web Question Pro, la cual fue de ayuda como calculadora para determinar el tamaño de la muestra que se mencionará más adelante.

La población en investigación se define como un conjunto integral de elementos que comparten un parámetro común entre ellos. Es fundamental subrayar que, en el ámbito de la investigación, la población no se limita exclusivamente a seres humanos. Puede abarcar cualquier conjunto de datos que comparta un parámetro común, como, por ejemplo, la cantidad total de tiendas de mascotas en una ciudad (QuestionPro, 2023).

Por otro lado, Una muestra se define como la porción más reducida del conjunto total, es decir, un subconjunto de la población completa. En el contexto de encuestas, la muestra consiste en los individuos de la población que son seleccionados para participar en la investigación. En términos simples, una muestra constituye un grupo más pequeño o subconjunto dentro de la población, y su estudio permite examinar las características o el comportamiento de los datos de la población (QuestionPro, 2023).

Fórmula de Muestra

En la realización de la encuesta, se llevaron a cabo un total de 123. Para determinar el tamaño de la muestra, se utilizó una calculadora en línea en la cual se ingresaron los datos de las 180 viviendas que cuentan con servicio eléctrico, considerando un nivel de confianza del 95% y un margen de error del 5%. Esto asegura que la muestra sea representativa y que los resultados sean estadísticamente significativos.

Se ha optado por un margen de error del 5% en la encuesta debido a la consideración de que este nivel de precisión era apropiado para el tipo de investigación que se estaba llevando a

cabo. Un margen de error del 5% es comúnmente aceptado en estudios de este tipo y proporciona un equilibrio entre la precisión de los resultados y la factibilidad logística de realizar una encuesta de este tamaño. Además, esto permitió obtener un nivel de confianza elevado del 95%, lo que significa que se tiene una alta certeza en la representatividad de los datos obtenidos a partir de la muestra seleccionada.

Los porcentajes más usuales con respecto al nivel de confianza son 99%, 95% o 90%. La Tabla 8 presenta los valores típicos para los factores de margen de error y niveles de confianza, junto con sus correspondientes valores 'Z'.

Tabla 8

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

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

Nota. La información de la tabla se la recopiló de (Aguilar-Barojas, 2005).

Aunque se utilizó una calculadora en línea para realizar el muestreo, esta misma se apoya en una metodología que ha sido validada y respaldada por una fórmula específica para el cálculo de tamaño de una muestra finita. A pesar de la simplicidad aparente de la calculadora, hay un sólido fundamento teórico respaldando el proceso de muestreo y se la da a conocer a continuación:

$$\text{Tamaño de muestra } (n) = \frac{N * Z^2 * p * q}{e^2 * (N - 1) + Z^2 * p * q} \quad (\text{Ec. 6})$$

Donde,

- **n** = Tamaño de muestra buscado
- **N** = Tamaño de la Población
- **Z** = Parámetro estadístico que depende del nivel de confianza (95% o 99% por lo general)
- **e** = Error de estimación máximo aceptado, va del 1% al 9%, siendo 5% (0.05) el valor estándar
- **p** = Probabilidad de que ocurra el evento estudiado (éxito), en caso de desconocer este dato es común utilizar un valor constate que equivale a 0,5
- **q** = (1-p) = Probabilidad de que no ocurra el evento estudiado, en caso de desconocer este dato es común utilizar un valor constate que equivale a 0,5

Entonces, al usar la Ecuación 6 se realiza el cálculo para obtener el tamaño de la muestra, de modo que en la Ecuación 7, teniendo en cuenta la tabla 8 donde se menciona que el 95% tiene un valor de Z igual a 1.96 y que para los valores de p y q se desconocen estos datos, por lo que reemplazando los datos se tendría:

$$\text{Tamaño de muestra } (n) = \frac{180 * 1.96^2 * 0.5 * 0.5}{0.05^2 * (180 - 1) + 1.96^2 * 0.5 * 0.5}$$

$$n = 122.787 \approx 123 \quad (\text{Ec. 7})$$

El resultado del tamaño de muestra con la fórmula sería: 122.787, y con el resultado que arrojó la calculadora online es 123, cuyo valor es correcto, debido a que se debe redondear el valor dado en la ecuación ya que debe ser un valor entero para poder realizar las encuestas a las viviendas.

3.6.1. Recopilación de información

Como ayuda e instrumento de cuantificación de la problemática presente en la Parroquia, se desarrolló una encuesta de percepción para determinar el grado de satisfacción frente a su servicio de internet. A continuación, se basó en las siguientes preguntas para la encuesta realizadas en la parroquia:

1. ¿Actualmente cuenta con servicio de Internet en su hogar?
2. ¿Cuál es el ancho de banda contratado en su plan actual de internet?
3. ¿Cuál es el costo de su plan actual contratado?
4. En una escala del 1 – 5, considerando que 5 es bastante satisfecho y 1 es no satisfecho.
¿Está conforme con la velocidad y estabilidad de su conexión actual de Internet?
5. ¿Cómo calificaría la calidad del servicio de su proveedor actual de Internet? En una escala del 1 – 5, considerando que 5 es bastante satisfecho y 1 es no satisfecho.
6. ¿Ha experimentado interrupciones frecuentes en su servicio de Internet en el último año?
7. Si ha experimentado interrupciones, ¿Cuánto tiempo suelen durar?
8. ¿Estaría usted interesado en una tecnología que permita mejorar su conexión a internet?
9. ¿Cuál es el costo que estaría dispuesto a pagar por un plan con mejor capacidad de acceso a internet?
10. ¿Estaría interesado en explorar una alternativa de servicio de Internet de alta velocidad con un nuevo proveedor?

Para observar el formato completo de la encuesta se debe seguir al Anexo A, donde se encontrarán las preguntas con sus respuestas múltiples en cada una.

3.6.2. Análisis de información

Una vez recopilada la información, se sometieron los datos a un procesamiento matemático y se representaron en forma de porcentajes. Esto permitió la revisión, clasificación y organización de los datos recolectados. La información recopilada se cuantificó y se sometió a un análisis estadístico para su posterior interpretación. Con este propósito, se creó una base de datos en el programa Microsoft Excel, donde los datos obtenidos fueron tabulados y representados en gráficos. Esta etapa fue crucial para llevar a cabo un análisis exhaustivo, un componente esencial en el proceso de toma de decisiones.

Mediante la siguiente serie de gráficos en el Anexo B, se presentarán e interpretarán los resultados más significativos, proporcionando así una comprensión más profunda de cómo los encuestados perciben y experimentan el servicio de internet.

Pregunta 1: Acceso a Internet.

La mayoría de los encuestados (60%) indicaron que actualmente cuentan con servicio de Internet en sus hogares. Esto sugiere una alta penetración de Internet en la muestra encuestada. Sin embargo, es relevante notar que un 40% de los encuestados declararon que no cuentan con servicio de Internet en sus hogares. Este dato puede ser importante para comprender la accesibilidad y la infraestructura de servicios en la población encuestada.

Pregunta 2: Ancho de Banda en Planes de Internet.

La mayoría de los encuestados (61%) tienen un ancho de banda contratado en el rango de 15-20 Mbps, seguido por el grupo que tiene 5-10 Mbps (35%). Los resultados indican que una proporción significativa de la muestra tiene planes de Internet con velocidades moderadas. La baja representación en las categorías de velocidades más altas (25-30 Mbps, 35-45 Mbps, y más de 50

Mbps) sugiere que la mayoría de los encuestados pueden no requerir velocidades de conexión extremadamente altas.

Pregunta 3: Costos de Planes de Internet Actuales

La mayoría de los encuestados (54%) informaron que el costo de su plan actual está en el rango de 21-25 dólares. El siguiente grupo más grande se encuentra en el rango de 16-20 dólares (42%). Los resultados sugieren que la mayoría de los encuestados elige planes de internet que se encuentran en rangos de precios moderados.

Pregunta 4: Satisfacción con la Velocidad y Estabilidad de Internet

La mayoría de los encuestados (63%) clasificaron su satisfacción con la velocidad y estabilidad de su conexión de Internet en la escala 3. Esto indica una satisfacción moderada. Un 22% de los encuestados indicaron estar bastante satisfechos con la escala 4, y un 15% mostró un nivel más bajo de satisfacción con escala de 2. Con estos resultados se puede observar que ningún encuestado dio una calificación de 1, lo que sugiere que nadie está completamente insatisfecho, pero a su vez, ninguno de los encuestado tampoco está completamente satisfecho.

Pregunta 5: Calificación de la Calidad del Servicio de Proveedor de Internet Actual

La mayoría de los encuestados (73%) calificaron la calidad del servicio de su proveedor actual de Internet en la escala 3, indicando una satisfacción moderada. Un 16% de los encuestados dieron una calificación de 4, sugiriendo un nivel de satisfacción más alto, mientras que el 11% dio una calificación de 2, indicando un nivel más bajo de satisfacción. Es notable que ningún encuestado ha calificado el servicio actual con un 1, lo cual sugiere que el servicio actual, en cierta medida, satisface las necesidades de la comunidad. Estos resultados son valiosos ya que, se podría

resaltar la oportunidad de introducir un nuevo proveedor de Internet porque se puede apreciar que hay una base de usuarios que podrían beneficiarse de mejoras y opciones adicionales.

Pregunta 6: Interrupciones en el Servicio de Internet

La mayoría de los encuestados (81%) informaron haber experimentado interrupciones frecuentes en su servicio de Internet en el último año. Este alto porcentaje indica que la fiabilidad del servicio podría ser un área de preocupación para la mayoría de los usuarios en ese sector. Es importante tener en cuenta estas experiencias negativas al considerar la introducción de un nuevo servicio de Internet, ya que mejorar la estabilidad y la confiabilidad podría ser una prioridad para los usuarios actuales.

Pregunta 7: Duración de Interrupciones en el Servicio de Internet

La duración de las interrupciones es variada, pero es significativo notar que un porcentaje considerable de encuestados (19%) indicó que no ha experimentado interrupciones en absoluto. Para aquellos que sí han experimentado interrupciones, la mayoría (35%) informa que estas duran menos de 1 hora, lo que podría ser percibido como menos perjudicial. Sin embargo, un 29%, 16% y 1% menciona interrupciones que duran más de 1 hora, 24 horas y más de 24 horas respectivamente. Este dato es crucial ya que indica que hay usuarios que experimentan interrupciones extremadamente prolongadas. Al menos en una interrupción que dura más de 24 horas podría considerarse altamente problemática y tendría un impacto significativo en la experiencia del usuario.

Al introducir un nuevo servicio de Internet, este hallazgo sugiere la importancia de garantizar una respuesta rápida y eficaz a las interrupciones para minimizar el tiempo que los usuarios están sin conexión.

Pregunta 8: Interés en Tecnologías para Mejorar la Conexión a Internet

La mayoría de los encuestados (73%) expresaron interés en una tecnología que permita mejorar su conexión a Internet. Este alto porcentaje indica un nivel significativo de receptividad hacia la posibilidad de mejoras en el servicio de Internet. Es un dato alentador, ya que sugiere que hay una demanda y apertura para soluciones tecnológicas que puedan mejorar la experiencia de conexión. Al introducir un nuevo servicio de Internet y con una tecnología mejorada, se puede basar en este interés positivo para respaldar la adopción de nuevas soluciones.

Pregunta 9: Disposición de Pago por Mejor Acceso a Internet

La mayoría de los encuestados (75%) indicaron estar dispuestos a pagar 17 dólares por un plan que ofrezca una velocidad de 100 Mbps. Este dato sugiere que hay una demanda significativa para planes que mejoren la capacidad de acceso a Internet, y el precio de 17 dólares parece ser atractivo para la mayoría de la muestra. Aunque hay interés en planes con velocidades más altas (20 dólares - 200 Mbps y 25 dólares - 300 Mbps), estos representan porcentajes más bajos.

Pregunta 10: Interés en Nuevo Proveedor de Internet de Alta Velocidad

La mayoría de los encuestados (64%) expresaron un interés positivo en explorar una alternativa de servicio de Internet de alta velocidad con un nuevo proveedor. Este dato es muy alentador y respalda la idea de que hay una demanda y disposición para considerar nuevas opciones. Aunque hay un 16% que indicó que no estaría interesado, es un porcentaje relativamente

bajo en comparación con el interés positivo expresado. El 20% que dijo "No estoy seguro" podría ser un área para futuras campañas informativas o estrategias para aclarar las ventajas de un nuevo servicio.

Es destacable que el 64% de los encuestados expresó un fuerte interés en explorar una alternativa de servicio de Internet de alta velocidad con un nuevo proveedor. Este resultado podría estar influenciado por la situación actual, ya que la pregunta 1 reveló que el 40% de los encuestados actualmente no cuenta con servicio de Internet en sus hogares. La alta proporción de respuestas positivas sugiere una demanda significativa en la comunidad para opciones de Internet mejoradas, y la falta de acceso actual podría ser un factor motivador clave.

3.7.Parámetros de Diseño de la Red GPON

En el proceso de diseñar la red FTTH con la tecnología GPON FTTH, es esencial considerar todos los componentes que integrarán la red. Es imperativo tener en mente las regulaciones establecidas por la ARCOTEL (Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones) ya que los diseños para las empresas de internet deben verificarse y aprobarse por esta entidad, así como cumplir con los requisitos fundamentales durante la planificación. Además, es fundamental integrar criterios técnicos para asegurar la eficiencia de la red y cumplir con los estándares requeridos, garantizando así la prestación de un servicio óptimo para los abonados.

A continuación, se darán a conocer los parámetros que se deben tener en cuenta para el diseño de la red:

3.7.1. Ubicación de la red

El diseño de la red para este proyecto se lo ubicará en la parroquia de Pioter del cantón Tulcán perteneciente a la provincia del Carchi. La Figura 10 muestra la trayectoria planificada para el despliegue de la red de fibra óptica.

Figura 10

Trayectoria del diseño de red



Nota. La trayectoria de la red se despliega por la calle principal de la parroquia de Pioter, la cual en la figura se observa el tramo de color.

3.7.2. Especificaciones de GPON

Las especificaciones más importantes para tener en cuenta para el diseño de la red de la tecnología GPON se observan en la tabla 9:

Tabla 9.

Especificación de GPON

Parámetro	Especificación
Estándar de conformidad	ITU-T G.984.x
Velocidad de Transmisión Descendente	2,488 Gbps (Gigabits por segundo)
Velocidad de Transmisión Ascendente	1,244 Gbps
Longitud de onda descendente	1490 nm
Longitud de onda ascendente	1310 nm
Tipo de fibra	Monomodo estándar (ITU-T G.652)
Compatibilidad con video, datos y voz	Si
Proporción máxima de división de PON	1:64 en la práctica
Alcance lógico	60 km
Alcance físico	10 y 20 km

Nota. Adaptado de (R. Millán, 2007).

3.7.3. Elementos de la red FTTH

En la configuración y propuesta de diseño para la red FTTH que opera bajo el estándar GPON, es esencial contar con componentes clave para garantizar su correcto funcionamiento, tal como se detalló previamente en la explicación sobre redes FTTH (Fibra hasta el hogar). En este contexto, se distinguen elementos tanto activos como pasivos, y esta sección se centrará en los elementos pasivos que se definen a continuación.

3.7.3.1.Elementos Pasivos

Los elementos pasivos son indispensables para la trayectoria de la red de fibra óptica, ya que se los utilizará en diferentes puntos de esta. A continuación, se presenta la lista de los elementos que se utilizarán en este proyecto:

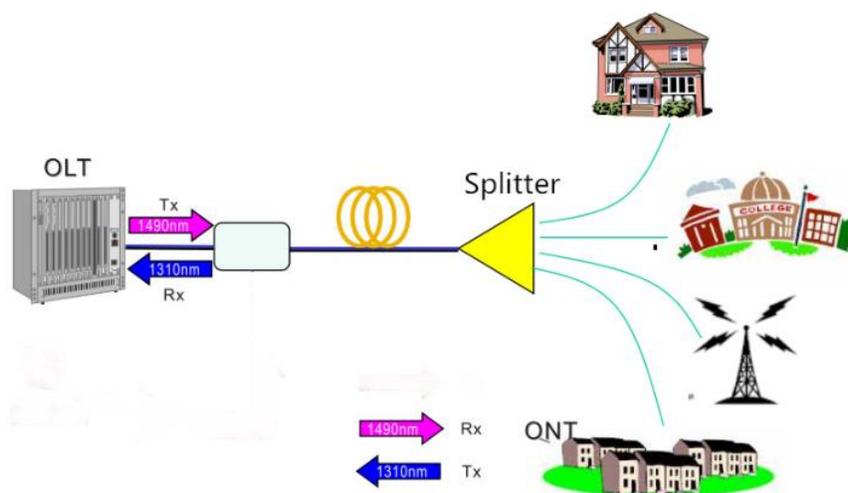
- ODF
- NAP
- Splitters
- Conector Mecánico UPC
- Cables y conectores

3.7.3.2.Elementos Activos

Igualmente, que, en los elementos pasivos, en este caso para los elementos activos que se colocarán en los extremos de la red, siendo colocados al inicio del nodo y al final de la red donde se encuentra el cliente y serán los que se presentan a continuación:

- OLT
- ONT/ONU

Para mayor claridad se presenta en la figura X la ubicación de los elementos:

Figura 11*Elementos de la red GPON FTTH*

Nota. Adaptado de “Components and Architecture of GPON FTTH Access Network” por (Kamath, 2017).

3.7.4. División Óptica

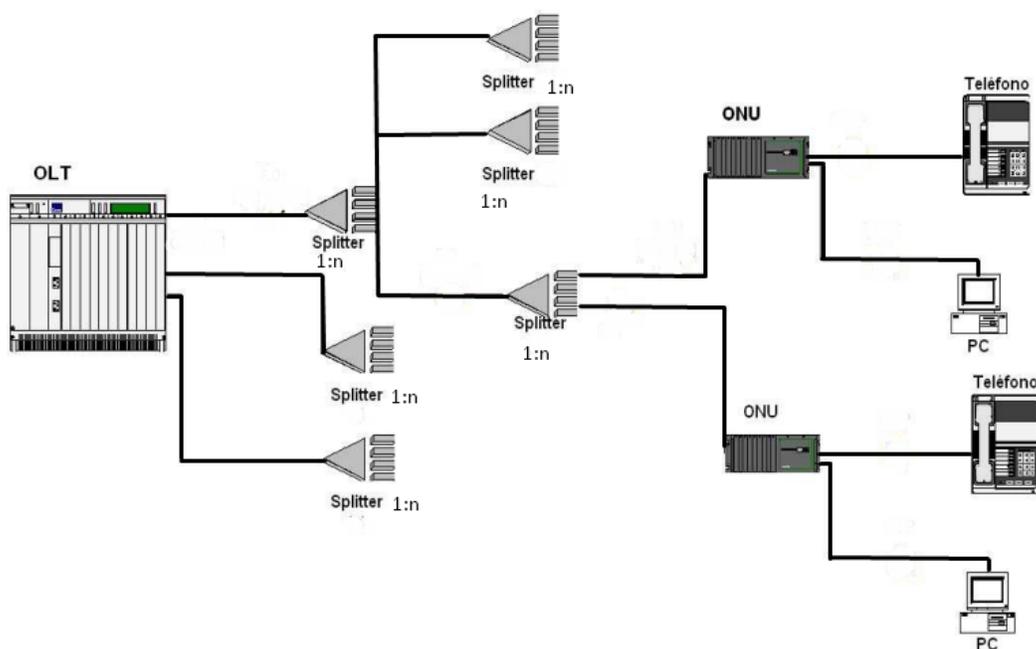
Con relación a la división óptica, es esencial considerar el criterio del splitter como el primer aspecto a tener en cuenta. Esto implica evaluar el número de usuarios que estarán conectados a la red. La Recomendación UIT-T G.984.x destaca la importancia de seleccionar con precaución el nivel de splitter para asegurar eficiencia y estabilidad en cada dispositivo de la red.

Es crucial tener en cuenta el alcance máximo de la red y considerar el aumento del presupuesto óptico y una mayor división en la capa física. Se implementará una topología de nivel 2 de splitteo adicional para el usuario final. Como se ilustra en la figura 12, se presenta la topología

de división óptica que se aplicará, en la cual se establece que el número total de abonados debe ser superior a 64, teniendo en cuenta tanto el número de hilos de fibra manejados en la OLT como el nivel de splitteo en cada punto de acceso de red (NAP).

Figura 12

Divisores ópticos de la red GPON FTTH



Nota. Adaptado de (Abreu et al., 2009).

Para el diseño de la red, se agregará 2 niveles de splitter, en los cuales el primero será de 1:4 y el segundo de 1:16. Cada hilo de fibra que viene de la OLT podrá abastecer a 64 clientes o abonados que es la cantidad adecuada y realista de líneas ópticas que se pueden tener según la normativa ITU-T G.984.1.

En la ecuación 8 se muestra el número total de hilos de fibra, mientras que en la ecuación 9 se observa el número total de líneas ópticas que se utilizarán en los puertos PON de la OLT, teniendo 192 abonados:

$$N^{\circ} \text{ Hilos de F. O.} = \frac{N^{\circ} \text{ abonados totales}}{N^{\circ} \text{ líneas ópticas}} = \frac{167}{64} = 2,609 \simeq 3 \quad (\text{Ec. 8})$$

$$N^{\circ} \text{ líneas ópticas} = n * m * r = 3 * 4 * 16 = 192 \quad (\text{Ec. 9})$$

3.7.5. Ubicación de OLT

Al abordar la planificación del diseño de la red en relación con la disposición de dispositivos, resulta crucial destacar la importancia de la OLT. Esta consideración debe contemplar no solo la cantidad de dispositivos a ser utilizados, sino también, y de manera significativa, a los suscriptores actuales a quienes se tiene la intención de brindar el servicio. La ubicación ideal para instalar una OLT es en un hogar. A cambio de permitir la instalación de la OLT, el hogar recibirá servicio de internet gratuito.

Figura 13

Ubicación de la OLT en la red



Nota. La OLT se encuentra ubicada en el punto morado, el cual se encuentra señalado por la flecha verde en la figura.

Esta ubicación ha sido elegida debido a que es importante que la OLT esté en medio del diseño de la red, esto es para reducir la latencia y mejorar la fiabilidad.

3.7.6. Ubicación de NAP

En relación con las ubicaciones críticas en la red, se destaca la importancia de las Network Access Points (NAP). Estos puntos juegan un papel crucial y están vinculados con la previamente mencionada división óptica, detallada en la sección 4.1.4. Para aclarar, se emplearán 3 puertos desde la OLT, y se establecerán 3 NAPs de primer nivel. Cada una de estas NAPs de primer nivel se conectará a 4 NAPs de segundo nivel, resultando en un total de 12 NAPs de segundo nivel para cubrir la extensión de la red diseñada. Este enfoque estratégico facilita la organización y distribución eficiente de la conexión óptica en toda la red.

3.7.7. Cable de Fibra Óptica para red FTTH

La recomendación ITU-T G.984.2 establece que para la tecnología GPON se debe emplear fibra monomodo, específicamente la especificación ITU-T G.652. Además, se incorporará la especificación ITU-T G.657, que se enfoca en características cruciales como la flexibilidad y la resistencia a la curvatura, especialmente relevantes en entornos de acceso. A continuación, se empleará las características de cada recomendación:

3.7.7.1.Recomendación ITU-T G.652 D

Para mayor entendimiento se provee la tabla 10 con los atributos de la fibra monomodo:

Tabla 10.

Atributos de la fibra G.652 D

Atributo de fibra		
Atributo	Parámetro	Especificación
	Longitud de onda	1310 nm
Diámetro de campo modal	Gama de valores nominales	8.6 – 9.2 μ m
	Tolerancia	+/- 0.4 μ m
Diámetro del revestimiento	Nominal	125.0 μ m
	Tolerancia	+/- 0.7 μ m
Error de concentricidad del núcleo	Máximo	0.6 μ m
No circularidad del revestimiento	Máximo	1.0 %

Longitud de onda de corte del cable	Máximo	1260 nm
	Radio	30 mm
Pérdida de macroflexión	Número de vueltas	100
	Máximo a 1550 nm	0.1 dB
Prueba de tensión	Mínimo	0.69 GPa
Coeficiente de dispersión cromática	$\lambda_{0\text{mín}}$	1300 nm
	$\lambda_{0\text{máx}}$	1324 nm
	$S_{0\text{mín}}$	0.073 ps/nm ² * km
	$S_{0\text{máx}}$	0.092 ps/nm ² * km
	Mínimo a 1550 nm	13.3 ps/nm * km
Ajuste lineal (1460 nm a 1625 nm)	Máximo a 1550 nm	13.3 ps/nm * km
	Mínimo a 1625 nm	17.2 13.3 ps/nm * km
	Máximo a 1625 nm	23.7 13.3 ps/nm * km

Atributos de cable

Característica	Detalle	Valor	Unidad
Coeficiente de atenuación	Máximo de 1310 nm a 1625 nm (Ver nota)	0.40	dB/km
	Máximo de 1383 nm +/-3 nm después del	0.40	dB/km

envejecimiento con		
hidrógeno		
Máximo a 1530 nm a	0.30	dB/km
1565 nm		
M	20	Cables
Coeficiente PMD	Q	%
Máximo PDM _Q	0.20	Ps/km ^{1/2}

Nota. Esta franja de longitud de onda puede extenderse hasta 1260 nm al sumar 0.07 dB/km de pérdida por dispersión Rayleigh a la atenuación existente a 1310 nm (ITU-T Rec.G.652, 2016).

3.7.7.2.Recomendación ITU-T G.657 A

Dentro de la recomendación G.652, se destaca la compatibilidad con la fibra recomendada en ITU-T G.657 A. A continuación, se detallan las características clave de esta fibra:

Tabla 11.

Atributos de la fibra G.657 A

Atributo de fibra		
Atributo	Parámetro	Especificación
	Longitud de onda	1310 nm
Diámetro de campo modal	Gama de valores nominales	8.6 – 9.2 μ m
	Tolerancia	+ - 0.4 μ m
Diámetro del revestimiento	Nominal	125.0 μ m

	Tolerancia	+- 0.7 um				
Error de concentricidad del núcleo	Máximo	0.5 um				
No circularidad del revestimiento	Máximo	1.0 %				
Longitud de onda de corte del cable	Máximo	1260 nm				
		ITU-T G.657.A1		ITU-T G.657.A2		
Pérdida de macrocurvatura de la fibra sin habilitar	Radio	15 mm	10 mm	15 mm	10 mm	7.5 mm
	N° de vueltas	10	1	10	1	1
	Máx. a 1550 nm	0.25 dB	0.75 dB	0.03 dB	0.1 dB	0.5 dB
	Máx. a 1625 nm	1.0 dB	1.5 dB	0.1 dB	0.2 dB	1.0 dB
		ITU-T G.657 categoría A				
Prueba de tensión	Mínimo	0.69 GPa				
	$\lambda_{0\text{mín}}$	1300 nm				
	$\lambda_{0\text{máx}}$	1324 nm				
Coefficiente de dispersión cromática	$S_{0\text{min}}$	0.073 ps/nm ² * km				
	$S_{0\text{máx}}$	0.092 ps/nm ² * km				
	Mínimo a 1550 nm	13.3 ps/nm * km				
Ajuste lineal (1460 nm a 1625 nm)	Máximo a 1550 nm	18.6 ps/nm * km				
	Mínimo a 1625 nm	17.2 ps/nm * km				
	Máximo a 1625 nm	23.7 ps/nm * km				

Atributos de cable			
Característica	Detalle	Valor	Unidad
	Máximo de 1310 nm		
	a 1625 nm (Ver nota)	0.40	dB/km
	Máximo de 1383 nm		
Coefficiente de atenuación	+3 nm después del envejecimiento con hidrógeno	0.40	dB/km
	Máximo a 1530 nm		
	a 1565 nm	0.30	dB/km
	M	20	cables
Coefficiente PMD	Q	0.01	%
	Máximo PDM _Q	0.20	Ps/km ^{1/2}

Nota. Esta franja de longitud de onda puede extenderse hasta 1260 nm al sumar 0.07 dB/km de pérdida por dispersión Rayleigh a la atenuación existente a 1310 nm (ITU-T Rec.G.657, 2016).

3.7.8. Presupuesto óptico de la red FTTH

En la planificación de una red FTTH, el presupuesto óptico se destaca como un elemento fundamental. Mantenerse dentro de este presupuesto es crucial para asegurar el rendimiento adecuado de la red, incluso frente a desafíos y el paso del tiempo, preservando su funcionamiento óptimo a lo largo de los años.

Y para calcular el presupuesto óptico, lo primero que se debe hacer es observar las especificaciones técnicas de los transmisores PON y de las ONT. En la recomendación ITU-T G.984.2 se encuentran los principales parámetros ópticos GPON de una ONT y de la OLT, a continuación, se presentan los valores umbrales.

Parámetros ópticos OLT

- Potencia media de transmisión Mínima: +1.5dBm
- Potencia media de transmisión Máxima: +5dBm
- Sensibilidad mínima: -28dBm
- Sobrecarga mínima: -8dBm

Parámetros ópticos ONU

- Potencia media de transmisión Mínima: +0.5dBm
- Potencia media de transmisión Máxima: +5dBm
- Sensibilidad mínima: -27dBm
- Sobrecarga mínima: -8dBm

Con base a los parámetros anteriores se obtiene el presupuesto de potencia óptico en la ecuación 10.

$$\text{Presupuesto potencia } (Pp) = P_{max_{OLT}} - S_{ONU}$$

$$\text{Presupuesto potencia } (Pp) = 5 \text{ dBm} - (-27\text{dBm})$$

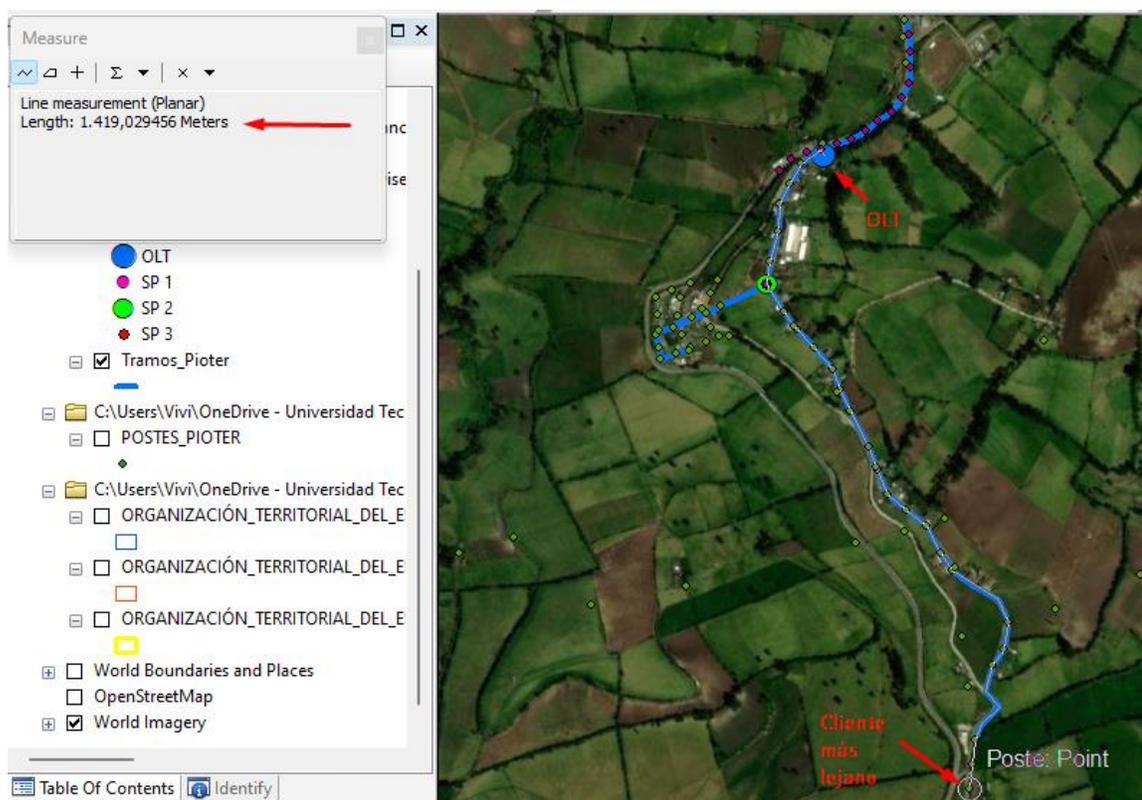
$$\text{Presupuesto potencia } (Pp) = 32 \text{ dB} \quad \text{(Ec. 10)}$$

3.7.8.1. Pérdida por atenuación por longitud de la fibra

Para medir la longitud de la fibra, se hace uso de la herramienta “Measure” del programa de ArcGis, el cual mide la distancia de un punto a otro, en este caso, se necesita medir la distancia del cliente más lejano y el cliente más cercano. Para el cliente más lejano se hace la medición de los 2 extremos de la red, para el primer extremo superior se observa la figura 14.

Figura 14

Distancia 1 de posible cliente más lejano

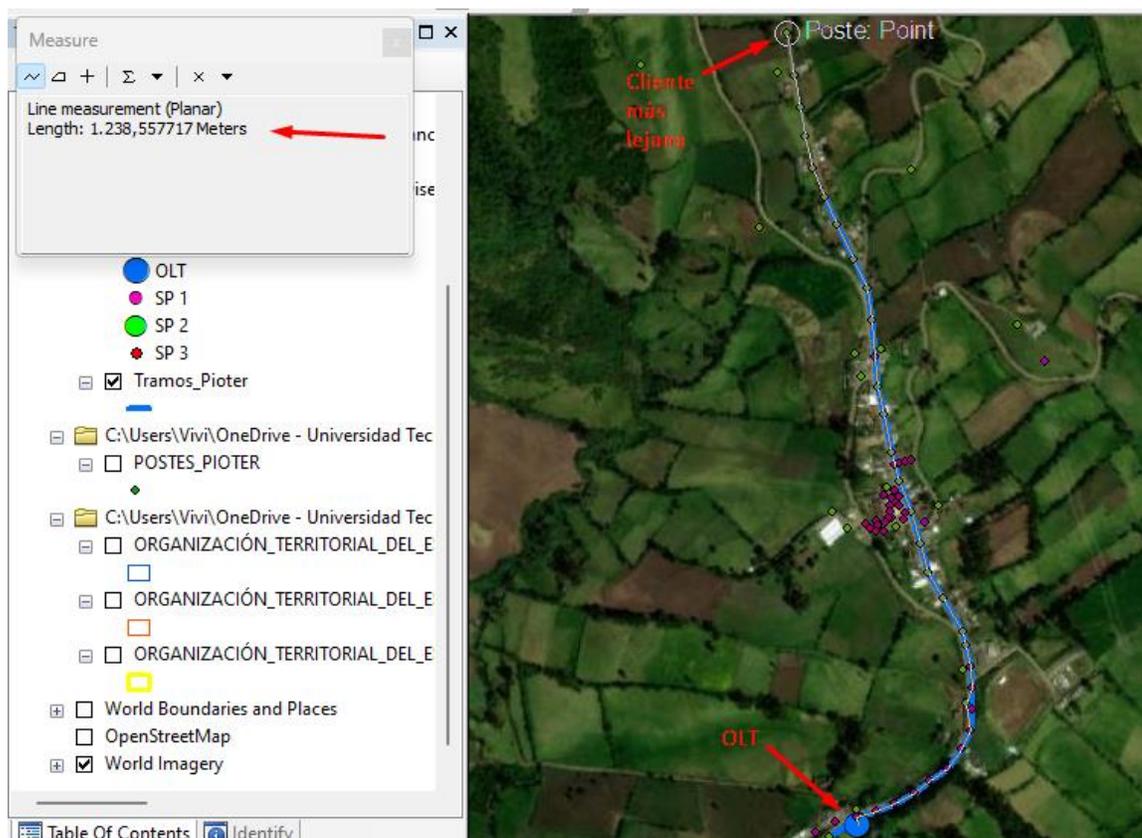


Nota. La distancia 1 del posible cliente más lejano es de 1.419 Km.

Y para el extremo inferior de la red también se ha realizado la medición desde la OLT y se observa en la figura 15.

Figura 15

Distancia 2 de posible cliente más lejano



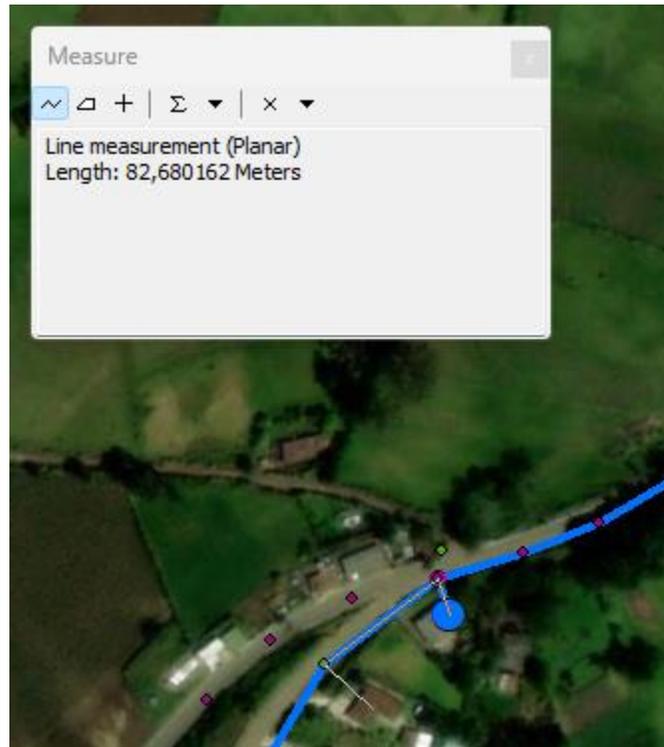
Nota. La distancia 2 del posible cliente más lejano es de 1.238 Km.

Con estos resultados, se escoge el valor más grande, el cual es de 1.419 Km desde la OLT.

Ahora para el cliente más cercano se observa la figura 16.

Figura 16

Distancia de cliente más cercano



Nota. La distancia del cliente más cercano tiene el valor de 0.08 km.

Teniendo las dos distancias del cliente más lejano y cercano se continúa con los cálculos de la atenuación por longitud de la fibra.

Usualmente, se emplea fibra monomodo G.652D y fibra monomodo G.657A en el despliegue de redes de fibra óptica, ya que son las más comúnmente utilizadas. En ambos casos, las normativas establecen una pérdida máxima de 0.4dB/km. Al calcular la atenuación, es crucial considerar la distancia hasta el abonado. Por lo tanto, en la ecuación 11 presenta el cálculo para el cliente más lejano.

$$\textit{Atenuación de la fibra} = \textit{Dist. Clejano} * \textit{Pérdida Max.}$$

$$\textit{Atenuación de la fibra} = 1.419 \textit{ km} * 0.4\textit{dB/km}$$

$$\textit{Atenuación de la fibra} = 0.56 \textit{ dB} \quad (\text{Ec. 11})$$

Y en la ecuación 12 se determina el cálculo para el cliente más cercano.

$$\textit{Atenuación de la fibra} = \textit{Dist. Cercano} * \textit{Pérdida Max.}$$

$$\textit{Atenuación de la fibra} = 0.08 \textit{ km} * 0.4\textit{dB/km}$$

$$\textit{Atenuación de la fibra} = 0.032 \textit{ dB} \quad (\text{Ec. 12})$$

3.7.8.2. Pérdida por atenuación en conectores

La pérdida máxima resultante al conectar dos conectores, según la ITU, es de 0.5dB, la mínima es de 0.2dB, para los cálculos se tomará el valor máximo. Esta pérdida se multiplica por el número de conectores presentes desde la OLT hasta un cliente específico. Por lo general, se utilizan alrededor de 10 u 11 conectores, aunque la cantidad puede variar según si los splitters utilizados son conectorizados o fusionados. En este caso existen 10 conectores, y su cálculo se lo presenta en la ecuación 13:

$$\textit{Atenuación conectores} = N^{\circ} \textit{ conectores} * \textit{Pérdida/Conector.}$$

$$\textit{Atenuación en conectores} = 10 * 0.5\textit{dB/conector}$$

$$\textit{Atenuación en conectores} = 5 \textit{ dB} \quad (\text{Ec. 13})$$

3.7.8.3. Pérdida por fusión

En una red FTTH, se cuentan con un total de 6 empalmes de fibra óptica. Para calcular la atenuación total del empalme, los valores típicos de pérdida de fusión por empalme para la fibra monomodo son de 0,05 a 0,1 dB, en este caso se tomará el valor de 0.1 dB para los casos menos favorables y se multiplica por la cantidad de empalmes ópticos que se van a realizar. Esto se representa mediante la Ecuación 14:

*Atenuación por fusión = Máx.Referencial * N° de empalmes*

$$\text{Atenuación por fusión} = 0.1 \text{ dB} * 6$$

$$\text{Atenuación por fusión} = 0.6 \text{ dB} \quad (\text{Ec. 14})$$

3.7.8.4.Pérdida por división (splitteo)

Es posible combinar los splitters de acuerdo con la necesidad de alcanzar la división deseada en la red. No obstante, es esencial considerar la pérdida asociada con cada splitter en el presupuesto óptico. La elección de cómo disponer los splitters dependerá en gran medida del entorno. Los diversos splitters disponibles presentan valores de pérdida aproximados, los cuales son esenciales tener en cuenta para la red, en la tabla 12 se especifica estos valores:

Tabla 12

Atenuación por divisor óptico.

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

Nota. Adaptado de (ITU-T Rec. G.671, 2019).

En el caso de esta red, se realizará 2 niveles de splitteo, el primer nivel de 1:4 y el segundo nivel de 1:16. Por lo tanto la pérdida de splitteo se la indica en la ecuación 15:

$$\text{Atenuación por splitteo} = \text{Nivel} * N_{1:4} + \text{Nivel} * N_{1:16}$$

$$\text{Atenuación por splitteo} = 1 * 7.4 \text{ dB} + 1 * 14.1 \text{ dB}$$

$$\text{Atenuación por splitteo} = 21.5 \text{ dB} \quad (\text{Ec. 15})$$

3.7.8.5. Margen extra de atenuación

Es crucial incluir un margen en el presupuesto óptico, dado que la atenuación de la fibra óptica puede ser influenciada por factores externos, como variaciones de temperatura o curvaturas no ideales durante la instalación. Además, es necesario considerar que la fibra experimenta un proceso de envejecimiento, lo que resulta en una atenuación progresiva de la señal. Por este motivo se recomienda asumir un margen extra de 3 dB.

3.7.8.6. Cálculo Total de Atenuación en ODN y Margen extra

Para determinar la atenuación total en una red óptica de acuerdo con la normativa (ITU-T Rec.G.652, 2016), se emplea la ecuación 16, y este resultado debe ser menor o igual a 28 dB definido por la especificación ITU-T G.984.6.

$$At = Ad + Ae + Ac + As \leq 28 \text{ dB} \quad (\text{Ec. 16})$$

Donde:

At = Atenuación total

A_d = Atenuación de longitud fibra óptica

A_c = Atenuación de conectores

A_f = Atenuación de fusión

A_s = Atenuación de splitteo

Ahora se procede a calcular la atenuación total para el cliente más lejano, esto se observa en la ecuación 17.

$$At_{clejano} = A_d + A_c + A_f + A_s \leq 28 \text{ dB}$$

$$At_{clejano} = 0.56 + 5 + 0.6 + 21.5 \leq 28 \text{ dB}$$

$$At_{clejano} = 27.66 \leq 28 \text{ dB} \quad \text{(Ec. 17)}$$

Y se continúa calculando la atenuación total para el cliente más cercano, esto se observa en la ecuación 18.

$$At_{ccercano} = 0.032 + 5 + A_f + A_s \leq 28 \text{ dB}$$

$$At_{ccercano} = 0.032 + 5 + 0.6 + 21.5 \leq 28 \text{ dB}$$

$$At_{ccercano} = 27.132 \leq 28 \text{ dB} \quad \text{(Ec. 18)}$$

Una vez se ha encontrado los valores de las ecuaciones 17 y 18, se debe encontrar la suma de la atenuación total y el margen extra, el cual debe cumplir con la condición de ser inferior al límite de presupuesto de potencia óptica, definido en la ecuación 10, que tiene un máximo de 32 dB.

$$At_{clejano} + \text{margen} = 27.66 + 3 \text{ dB} \leq 32 \text{ dB}$$

$$At_{clejano} + \text{margen} = 30.66 \leq 32 \text{ dB} \quad \text{(Ec. 19)}$$

Y se realizará el mismo cálculo, pero ahora para el cliente más cercano en la ecuación 20.

$$At_{ccercano} + margen = 27.132 + 3dB \leq 32 dB$$

$$At_{ccercano} + margen = 30.132 \leq 32 dB \quad (\text{Ec. 20})$$

Como se observa en la ecuación 19 y 20, se está cumpliendo con lo establecido, y las atenuaciones no sobrepasan el valor de 32 dB al sumarle el margen extra de 3 dB.

3.7.8.7. Cálculo de Potencia en Receptor Óptico

En la ONT, el receptor óptico desempeña un papel fundamental. Para garantizar el correcto funcionamiento del sistema y establecer una conexión eficiente en la red de fibra óptica, es esencial que la potencia recibida por el receptor sea la adecuada. Por esta razón, es necesario calcular la potencia que alcanzará el receptor óptico en la OLT, utilizando los resultados previamente obtenidos en los cálculos. Es importante considerar que, en el cálculo total de la atenuación, se deben tener en cuenta dos valores: uno para el cliente más lejano y otro para el cliente más cercano.

Para el primer cálculo, se hará uso de la ecuación 10 y el resultado de la ecuación 19 donde se establecerá una igualdad para encontrar el valor de la sensibilidad en la ecuación 21.

$$\text{Presupuesto potencia } (Pp) = Pmax_{OLT} - S_{ONU}$$

$$S_{ONU} = Pmax_{OLT} - Pp$$

$$S_{ONU} = 5 dB - 30.66 dB$$

$$S_{ONU} = - 25.66 dB \quad (\text{Ec. 21})$$

De la misma manera, se hace este cálculo para el cliente más cercano, teniendo como resultado la ecuación 22.

$$\text{Presupuesto potencia } (Pp) = P_{max_{OLT}} - S_{ONU}$$

$$S_{ONU} = P_{max_{OLT}} - Pp$$

$$S_{ONU} = 5 \text{ dB} - 30.132 \text{ dB}$$

$$S_{ONU} = - 25.132 \text{ dB} \quad \text{(Ec. 22)}$$

CAPÍTULO IV DISEÑO DE LA RED

Este capítulo brinda una visión general detallada de cada faceta del diseño, desde la red troncal hasta la distribución y la última milla. Los temas clave que se han abordado incluyen los elementos esenciales del diseño de la red troncal, su estructura y su papel fundamental en la conectividad global. Igualmente, se habla de las estrategias y mejores prácticas para garantizar una distribución equitativa y eficiente de los servicios en el diseño de la red de distribución. También de los desafíos y soluciones específicas para llevar la conectividad de alta velocidad directamente a los usuarios finales en el diseño de la última milla. Es importante destacar que el diseño de la red se llevará a cabo utilizando el programa ArcGIS, conforme a los requisitos establecidos por la Arcotel para la recepción de los diseños de redes en todo el país. Es fundamental cumplir con el instructivo de georreferenciación exigido por esta entidad en todas las empresas a nivel nacional, la cual se lo encontrará en el Anexo D.

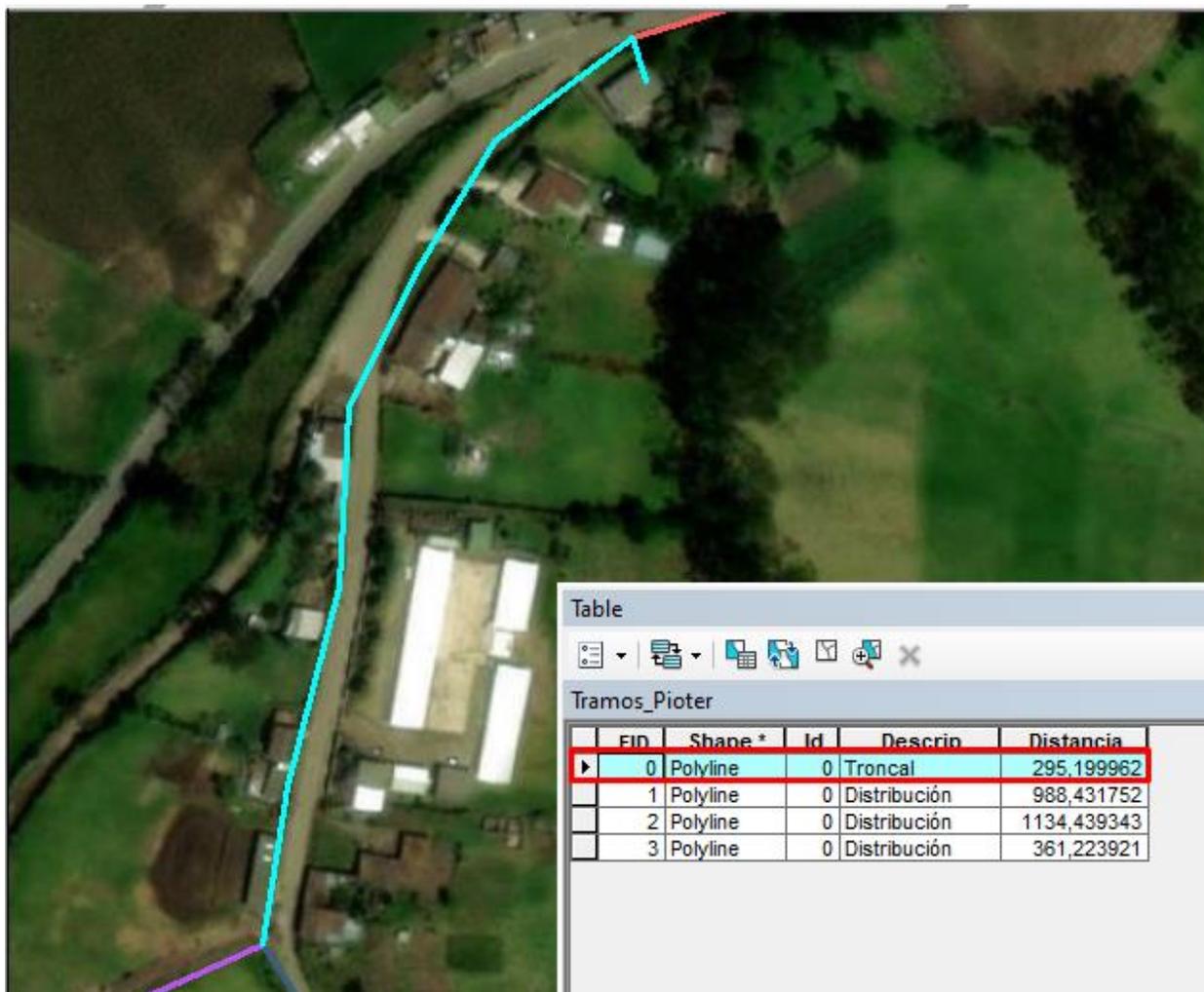
Y finalmente, se presenta la simulación para validar la robustez y eficacia de la red y asegurarse de que todos los aspectos se alineen con los requisitos de la ITU-T G.984.x.

4.1. Diseño de la red Troncal

La red troncal se visualiza en la figura 17, conectando la OLT a través del ODF a los NAPs de nivel 1. Esta línea de fibra óptica es de vital importancia, ya que se origina en estos hilos para distribuir los distintos segmentos de la red, alcanzando los NAPs de nivel 2 y extendiéndose posteriormente hacia la red de distribución y la de última milla.

Figura 17

Trayectoria de red troncal



Nota. La red troncal se ubica en el centro de donde se implementará la red y en la figura se observa la distancia en metros.

Es esencial medir la longitud de las redes, especialmente la red troncal, teniendo en cuenta el concepto de reserva, según lo estipulado por la normativa de la CNT. Esta medida se implementa para estar preparados ante cualquier imprevisto futuro. Considerando estas precauciones y con el objetivo de optimizar las longitudes de los cables en la red troncal y en todas las redes, se ha establecido una reserva equivalente al 10% de la longitud de la fibra óptica en la red troncal.

Conforme a la información proporcionada por la tabla de atributos del diseño, se indica una distancia de 295.19 metros. Sin embargo, recordando la necesidad de establecer una reserva equivalente al 10% del valor medido, esta reserva será distribuida entre cada uno de los NAPs de nivel 1. El cálculo de la distancia total de la red troncal se presenta detalladamente en la Ecuación 23.

$$\text{Dist. Red Troncal} = \text{Longitud de red} + 10\% \text{ de longitud de red}$$

$$\text{Dist. Red Troncal} = 295.19 \text{ metros} + 29.519 \text{ metros}$$

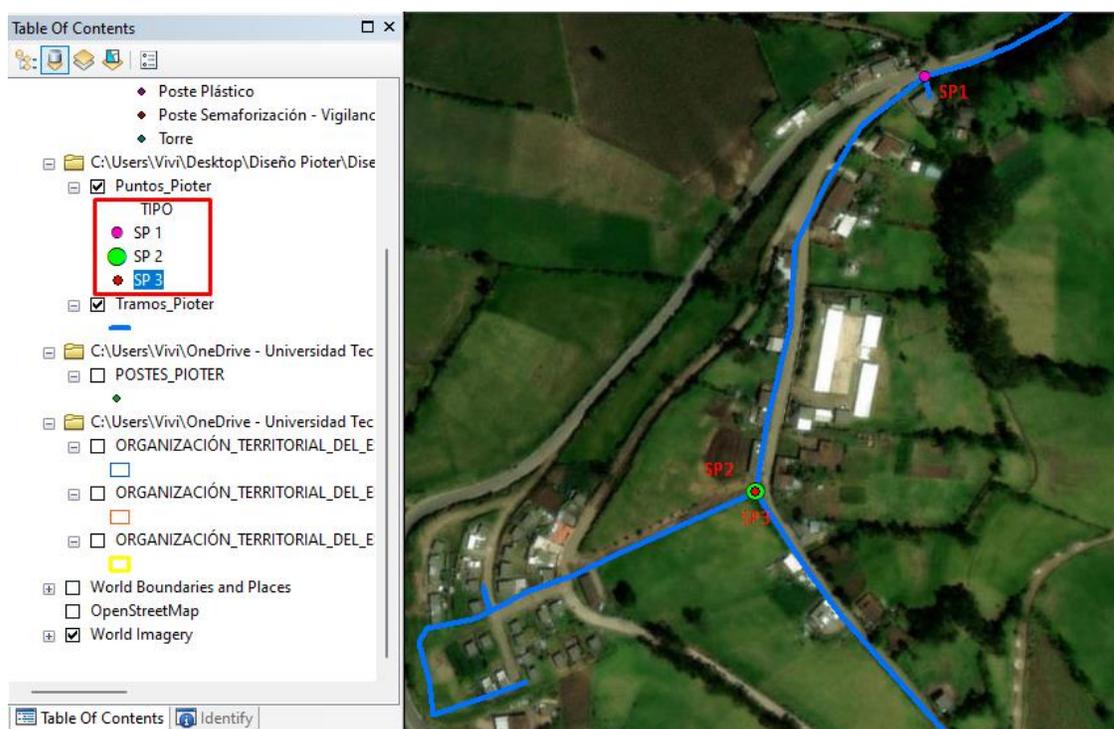
$$\text{Dist. Red Troncal} = 324.709 \text{ metros} \quad (\text{Ec. 23})$$

4.2. Ubicación y descripción de los NAP de primer nivel

Para continuar con la planificación del diseño, es esencial determinar la ubicación de los NAPs de nivel uno, ya que serán la fuente de las rutas hacia los NAPs de segundo nivel. De acuerdo con los cálculos previos realizados en función de la zona de estudio para la red, se identificó la necesidad de contar con 3 NAP de nivel uno. Ahora, procedemos a incorporar estos NAP de nivel uno en la herramienta de diseño de red, como se observa en la figura 18.

Figura 18

NAP's de primer nivel



Nota. En la figura se puede observar en el lado izquierdo las etiquetas con el color que tiene cada NAP de primer nivel y en el lado derecho se puede observar dónde se ubicarán en el diseño de la red junto con el mapa base de la parroquia de Pioter dentro del programa de ArcGis.

4.3. Diseño de la red de distribución

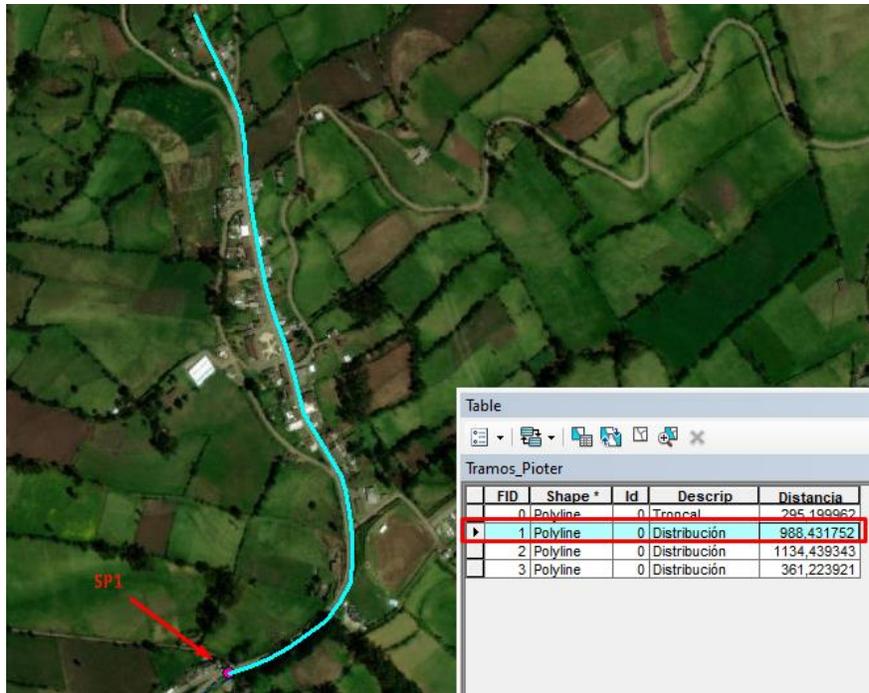
En la figura 19 se presenta el siguiente componente del esquema de diseño de la red. El inicio de la red se encuentra en los puntos de acceso primarios (NAP), desde donde se distribuye la potencia óptica a los puntos de acceso secundarios (NAP) ubicados estratégicamente en distintos lugares, abarcando así toda la zona de estudio.

La red de distribución opera de manera análoga a la red troncal, considerando aspectos similares. No obstante, en esta red, la conexión comienza en los NAP de nivel uno y concluye en los NAP de nivel dos, con el propósito de alcanzar eficientemente las áreas más densamente

pobladas de la zona de cobertura, en contraste con la red Feeder. Dado que cada NAP de primer nivel tiene su propia red de distribución, se generan tres longitudes distintas para la red de distribución, resultando en tres redes independientes. La normativa de CNT establece un margen de reserva del 5% de la distancia medida para la red de distribución, y este margen se aplica en los NAPs de segundo nivel, multiplicándolo por cuatro debido a los cuatro NAPs de segundo nivel en la red de distribución. En resumen, se desarrollarán tres redes de distribución: red de distribución 1, red de distribución 2 y red de distribución 3, correspondientes a los tres NAP de primer nivel. La ubicación de estas redes de distribución se muestra en detalle a continuación.

Figura 19

Red Distribución 1, desde la NAP-1 de nivel 1



Nota. En la figura se puede observar la tabla de atributos con respecto a la distancia que tiene el tramo de la red de distribución 1.

Con la información proporcionada por la herramienta sobre la distancia de la red de Distribución, se realiza el cálculo total de esta red siguiendo la normativa CNT del 5% para cada NAP de nivel dos. La siguiente ecuación se empleará para obtener los resultados totales.

$$\text{Total Red Distrib. 1} = \text{Longitud Red} + (5\% \text{ Longitud Red} * 4)$$

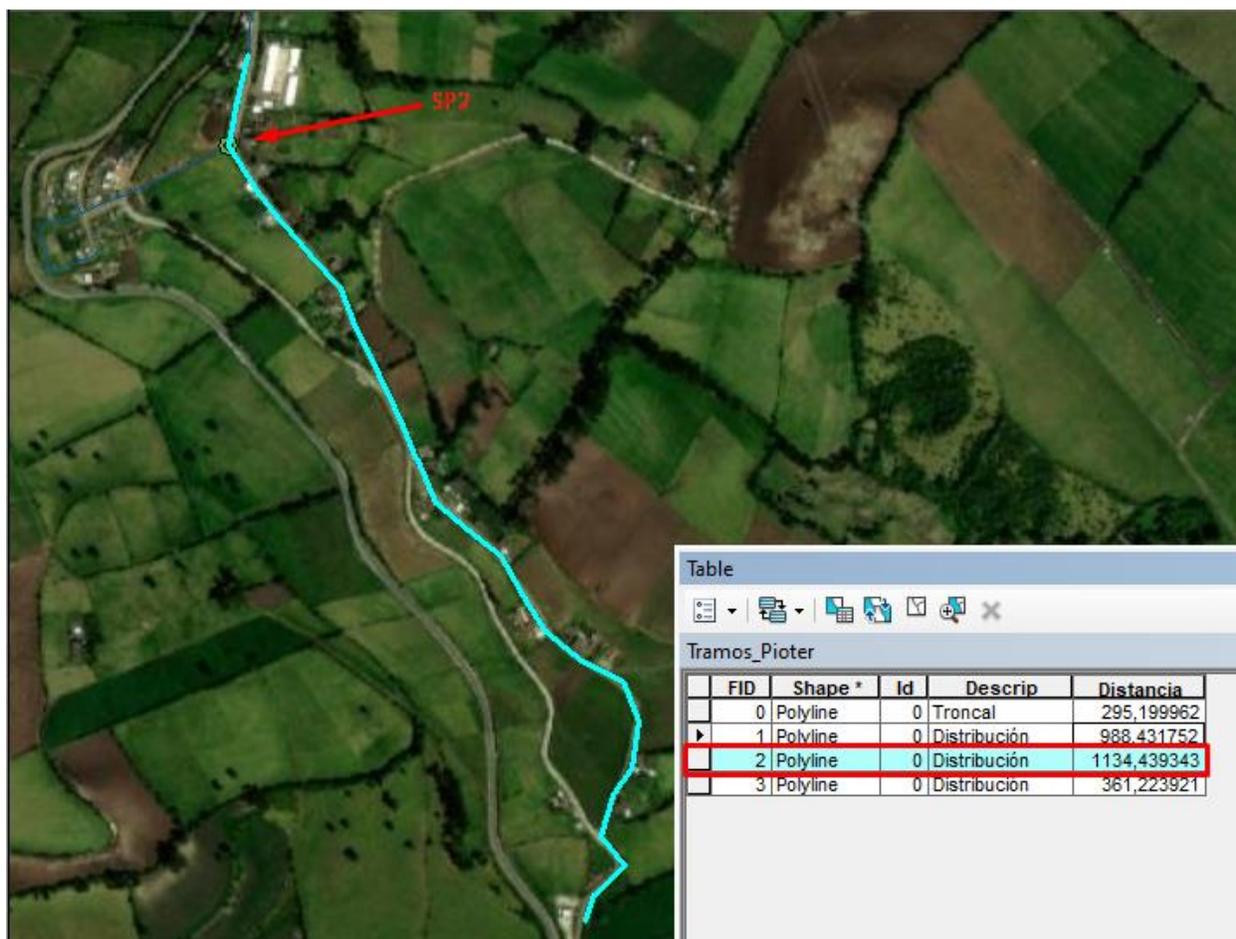
$$\text{Total Red Distrib. 1} = 0.988 \text{ km} + (5\% * 0.988 \text{ km} * 4)$$

$$\text{Total Red Distrib. 1} = 1.183 \text{ km} \qquad \qquad \qquad \text{(Ec. 24)}$$

Se repite el procedimiento mencionado anteriormente para las demás redes de Distribución, continuando con la Distribución 2, que se extenderá desde el NAP-2, como se ilustra en la figura 20.

Figura 20

Red Distribución 2, desde la NAP-2 de nivel 1



Nota. En la figura se puede observar la tabla de atributos con respecto a la distancia que tiene el tramo de la red de distribución 2.

Se llevan a cabo los cálculos totales correspondientes, los cuales se presentan de manera detallada en la siguiente ecuación 25.

$$Total\ Red\ Distrib.2 = Longitud\ Red + (5\% \text{ Longitud Red} * 4)$$

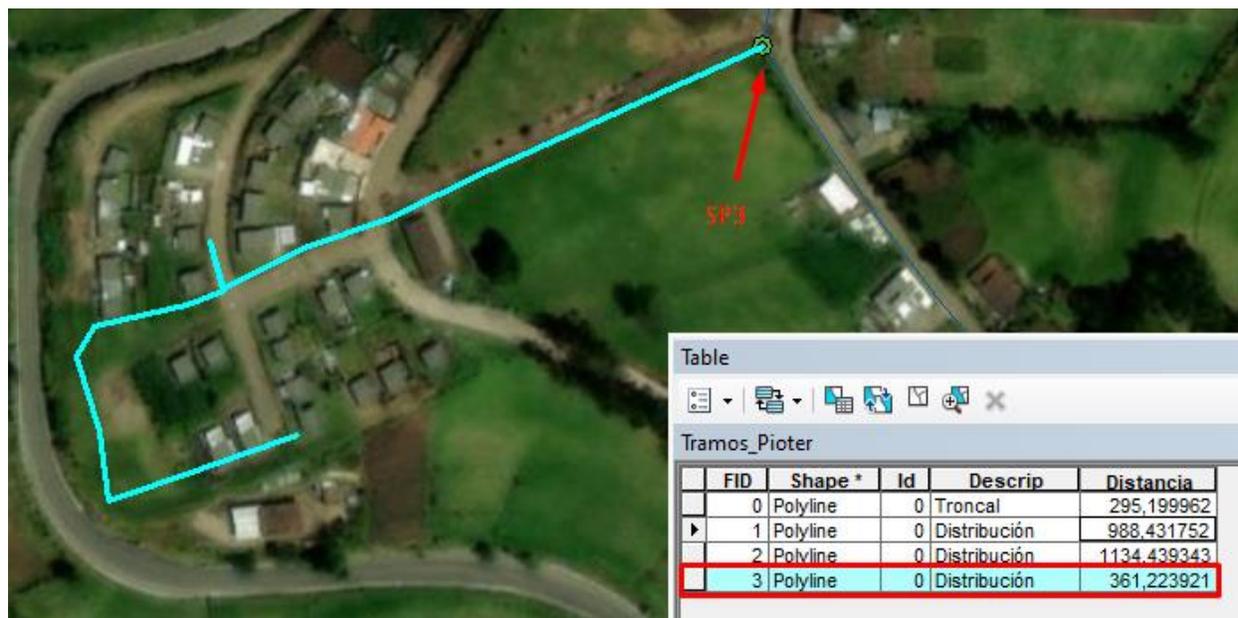
$$Total\ Red\ Distrib.2 = 1.134\ km + (5\% * 1.134\ km * 4)$$

$$Total\ Red\ Distrib.2 = 1.3608\ km \quad \text{(Ec. 25)}$$

Se continúa con la tercera distribución, y se la observa en la figura 21.

Figura 21

Red de Distribución 3, desde el NAP-3 de nivel 1



Nota. En la figura se puede observar la tabla de atributos con respecto a la distancia que tiene el tramo de la red de distribución 3.

Al igual que en los casos anteriores de la red de Distribución, procedemos a realizar los cálculos correspondientes para la Distribución 3, que parte del NAP-3 de nivel uno. Los detalles de estos cálculos se encuentran representados en la Ecuación 26.

$$\text{Total Red Distrib. 3} = \text{Longitud Red} + (5\% \text{ Longitud Red} * 4)$$

$$\text{Total Red Distrib. 3} = 0.361 \text{ km} + (5\% * 0.361 \text{ km} * 4)$$

$$\text{Total Red Distrib. 3} = 0.4332 \text{ km} \quad (\text{Ec. 26})$$

Ahora que se ha delineado cómo serán las redes de distribución para los tres NAPs de nivel uno, se avanzará a calcular la suma de todas las distancias, incorporando las reservas. Utilizando

los datos de las ecuaciones previas, se obtendrá como resultado la Ecuación 27, que representa la suma total de cada una de las redes de distribución.

$$\textit{Total Red Distrib.} = \textit{Rd1} + \textit{Rd2} + \textit{Rd3}$$

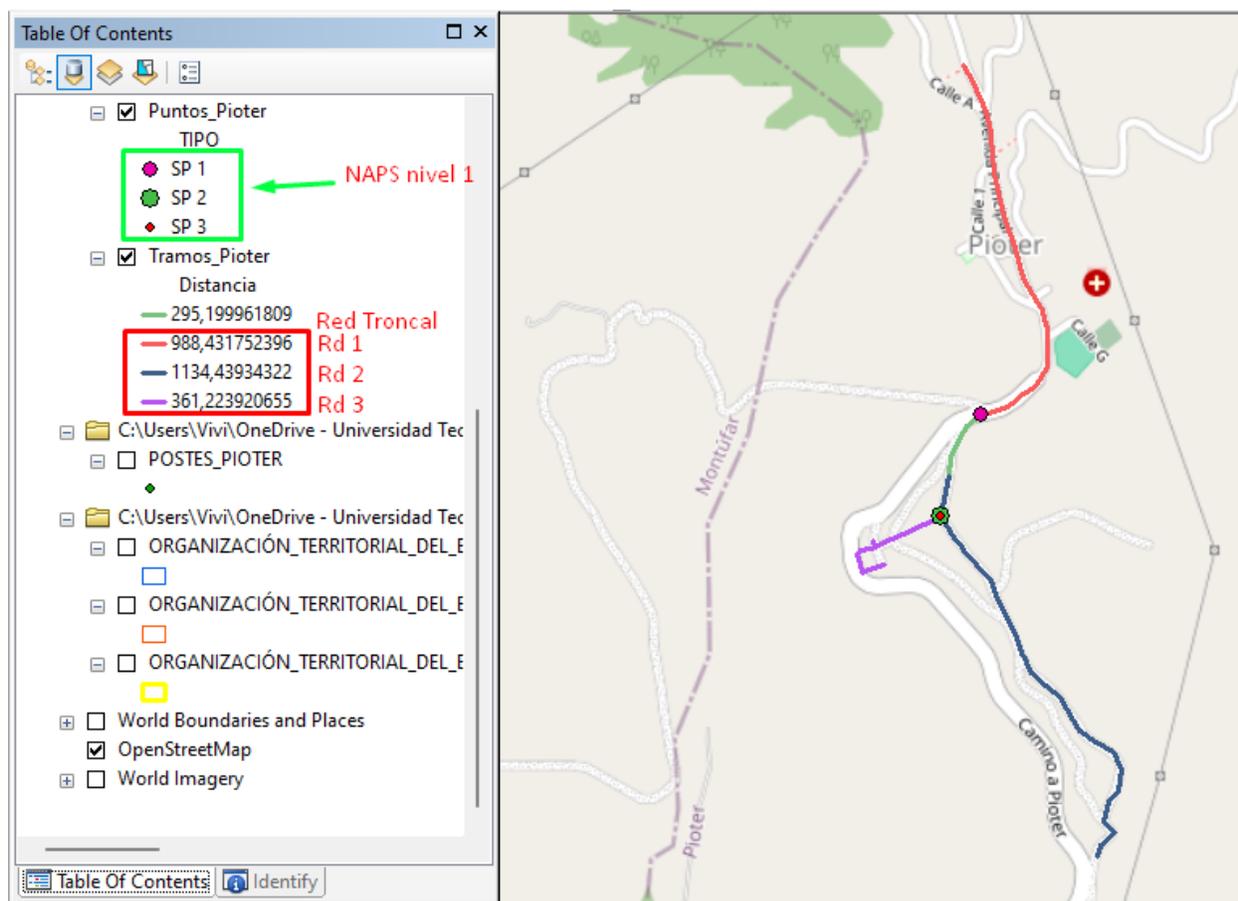
$$\textit{Total Red Distrib.} = 1.183 \textit{ km} + 1.3608 \textit{ km} + 0.4332 \textit{ km}$$

$$\textit{Total Red Distrib.} = 2.977 \textit{ km} \qquad \qquad \qquad \textbf{(Ec. 27)}$$

Hasta este punto, se ha implementado la red troncal, los NAP de primer nivel y la red de distribución, tal como se muestra en la figura 22. Este diseño constituye una versión preliminar antes de la finalización de la red FTTH en su totalidad.

Figura 22

Diseño en ArcGis con los elementos: NAPs de nivel 1, red troncal y redes de distribución.



Nota. La figura muestra las etiquetas de cada NAP de nivel 1 y sus redes tanto troncal como de distribución con la distancia en metros de cada red.

4.4. Ubicación y descripción de los NAP de segundo nivel

De manera similar a la colocación de los NAP de primer nivel en relación con la red troncal, los NAP de segundo nivel se colocarán a lo largo de la red de distribución. Es crucial tener en cuenta que habrá cuatro NAP secundarios por cada una de las tres redes de distribución (1, 2 y 3), totalizando así 12 NAP de segundo nivel. Estos NAP deben ser ubicados estratégicamente para garantizar la cobertura óptima de la zona de estudio y considerar la proximidad a la red de dispersión que conecta con los usuarios finales.

En la tabla de atributos de los puntos de Pioter se ha referenciado el nombre de cada NAP de segundo nivel y puede observar en la figura 23.

Figura 23

Nombre de cada NAP de segundo nivel en ArcGis

FID	Shape *	Id	TIPO
0	Point	0	TL-P3-NAP4
1	Point	0	TL-P3-NAP3
2	Point	0	TL-P3-NAP2
3	Point	0	TL-P2-NAP3
4	Point	0	TL-P2-NAP4
5	Point	0	TL-P2-NAP2
6	Point	0	TL-P2-NAP1
7	Point	0	TL-P3-NAP1
8	Point	0	TL-P1-NAP1
9	Point	0	TL-P1-NAP2
10	Point	0	TL-P1-NAP4
11	Point	0	TL-P1-NAP3

Nota. Los nombres de cada NAP de segundo nivel han sido proporcionados por la empresa Telenlaces, debido a que este es el formato con el que la empresa etiqueta sus equipos.

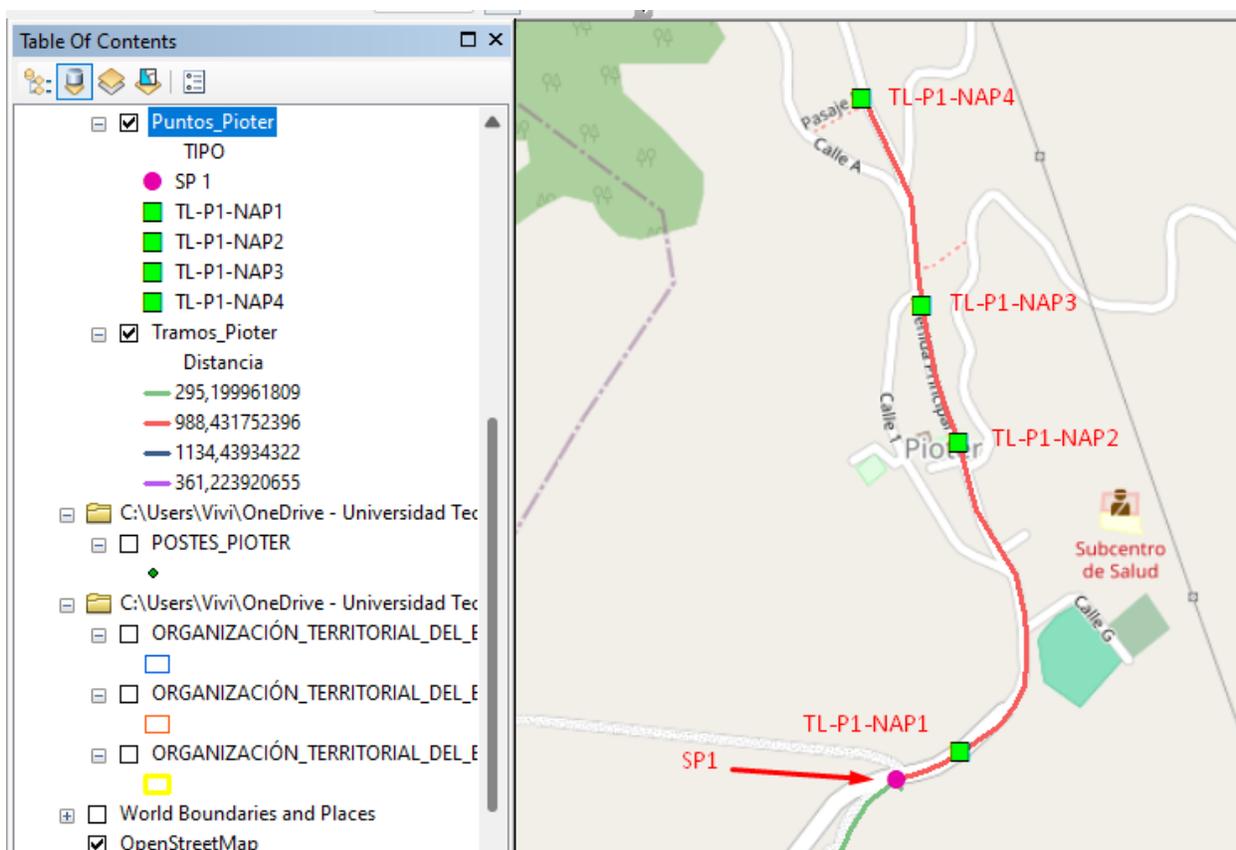
A continuación, se procederá a especificar la ubicación de los NAP de nivel 2 en el programa ArcGis y se le asignarán etiquetas conforme a la información proporcionada en la figura 20. Se ofrecerá una descripción detallada de cada uno de los NAP de segundo nivel y, finalmente, se presentará el diseño integral de la red de distribución, incluyendo la disposición de los NAP asociados a esta red.

4.4.1. NAP de segundo nivel en red de distribución 1

La figura 24 proporciona los detalles de los NAP de segundo nivel correspondientes a: TL-P1-NAP1, TL-P1-NAP2, TL-P1-NAP3, TL-P1-NAP4.

Figura 24

Red de Distribución 1, con su respectivo NAP-1 de nivel 1 y respectivos NAPs de nivel 2



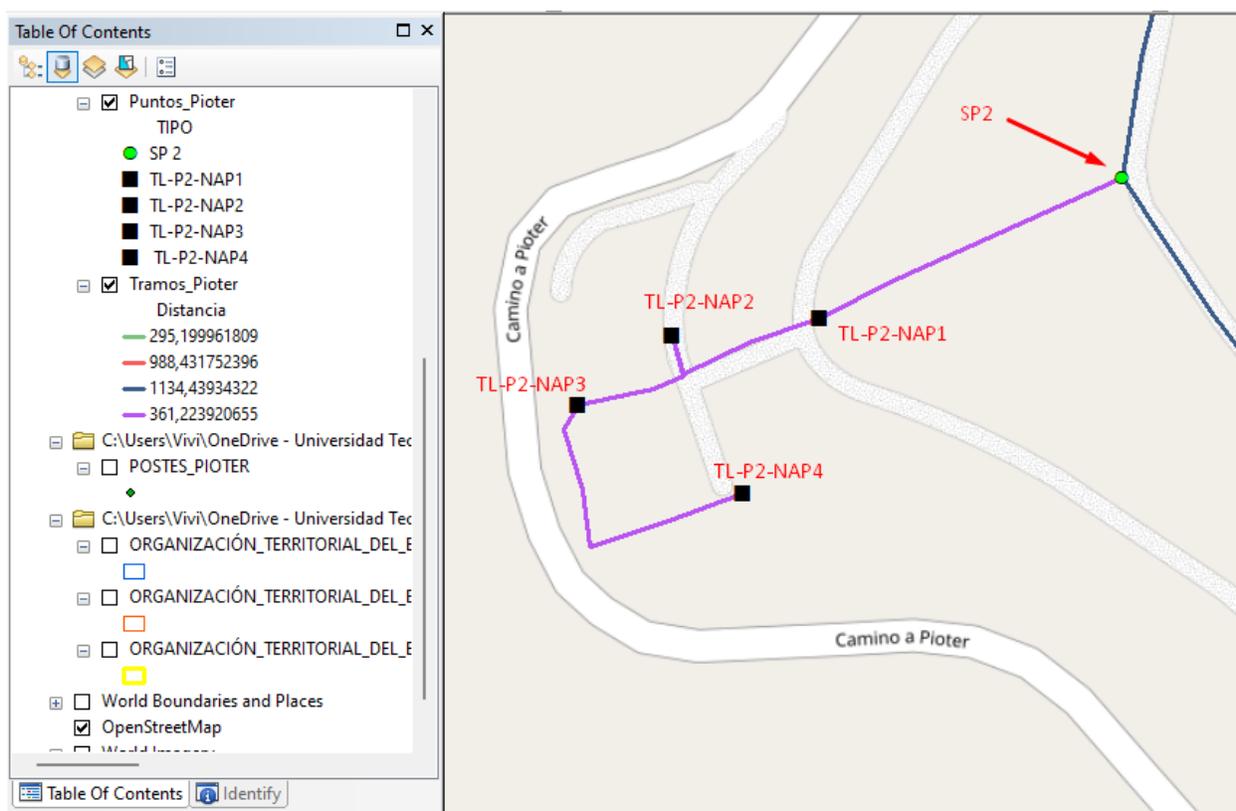
Nota. Los cuadros verdes representan los NAPs de segundo nivel y el punto morado representa el NAP de primer nivel en la red de distribución 1.

4.4.2. NAP de segundo nivel en red de distribución 2

La figura 25 proporciona los detalles de los NAP de segundo nivel correspondientes a: TL-P2-NAP1, TL-P2-NAP2, TL-P2-NAP3, TL-P2-NAP4.

Figura 25

Red de Distribución 2, con su respectivo NAP-1 de nivel 1 y respectivos NAPs de nivel 2



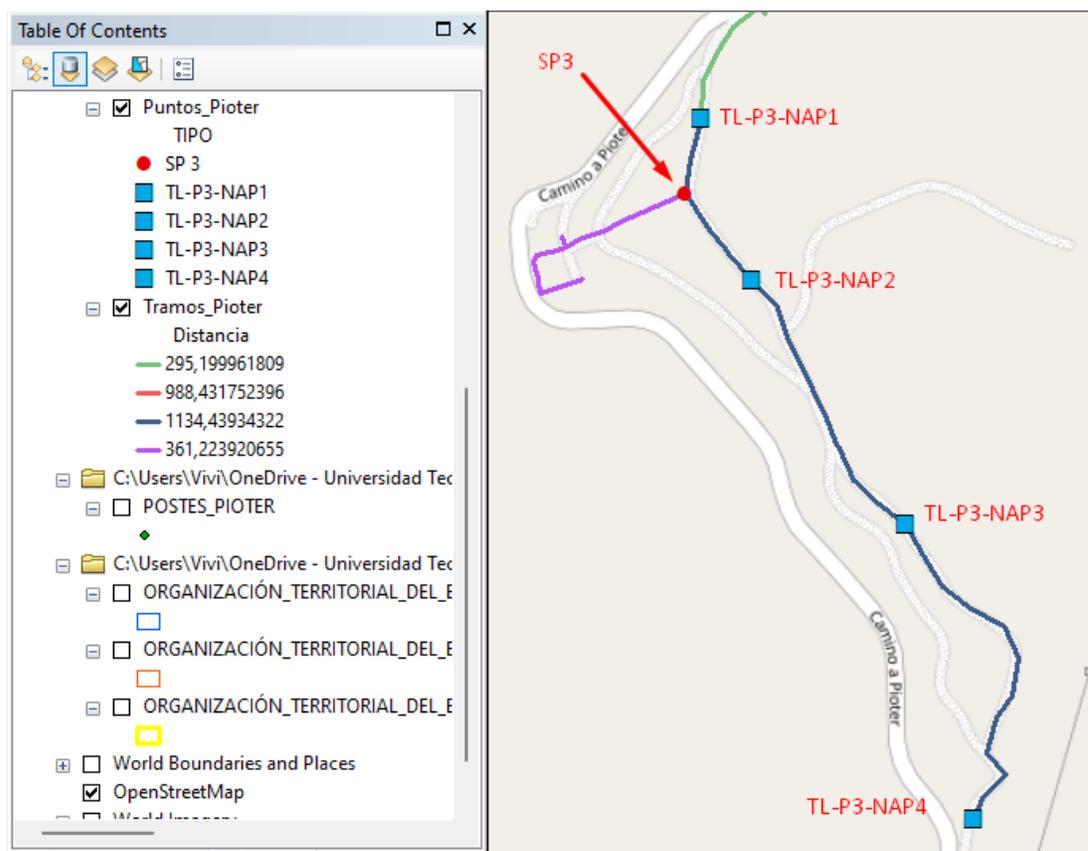
Nota. Los cuadros negros representan los NAPs de segundo nivel y el punto verde representa el NAP de primer nivel en la red de distribución 2.

4.4.3. NAP de segundo nivel en red de distribución 3

La figura 26 proporciona los detalles de los NAP de segundo nivel correspondientes a: TL-P3-NAP1, TL-P3-NAP2, TL-P3-NAP3, TL-P3-NAP4.

Figura 26

Red de Distribución 3, con su respectivo NAP-1 de nivel 1 y respectivos NAPs de nivel 2



Nota. Los cuadros azules representan los NAPs de segundo nivel y el punto rojo representa el NAP de primer nivel en la red de distribución 3.

4.5. Diseño de la red de dispersión (Última Milla)

Después de haber establecido la red Troncal y de Distribución, se avanza con el diseño de la red, el siguiente componente es la red de dispersión, también conocida como "última milla" según la terminología utilizada por la empresa. Esta fase constituye el último tramo en la red de acceso.

La ubicación de los NAP de segundo nivel se planificó de manera estratégica para garantizar una cobertura completa en toda la zona, con una distancia máxima de 100 metros entre el usuario final y el NAP. El diseño de la red permite ofrecer servicios a un máximo de 192 usuarios, y se realiza un cálculo para determinar la cantidad de fibra necesaria, considerando que todos los usuarios se encuentren a una distancia de 100 metros, como se detalla en la ecuación. Además, se reserva un espacio adicional de fibra para los NAP de segundo nivel. Los resultados de la cantidad de fibra necesaria se encuentran expresados en la ecuación 28 como un cálculo general para todos los usuarios.

$$\text{Red Ultima Milla} = \text{total abonados} * 100 \text{ m}$$

$$\text{Red Ultima Milla} = 192 \text{ abonados} * 100 \text{ m}$$

$$\text{Red Ultima Milla} = 19200 \text{ m} \quad (\text{Ec. 28})$$

4.6. Reservas de fibra óptica en la red FTTH

En secciones anteriores, se hizo referencia a las reservas requeridas para los NAP de primer y segundo nivel. A continuación, se detallarán y organizarán las reservas, con el valor específico para cada NAP.

Se comienza con las NAP de primer nivel, en la tabla 13 se observa el valor asignado para estas reservas.

Tabla 13

Valor de reservas – NAP de nivel 1

Etiqueta	Red	Valor de reserva
-----------------	------------	-------------------------

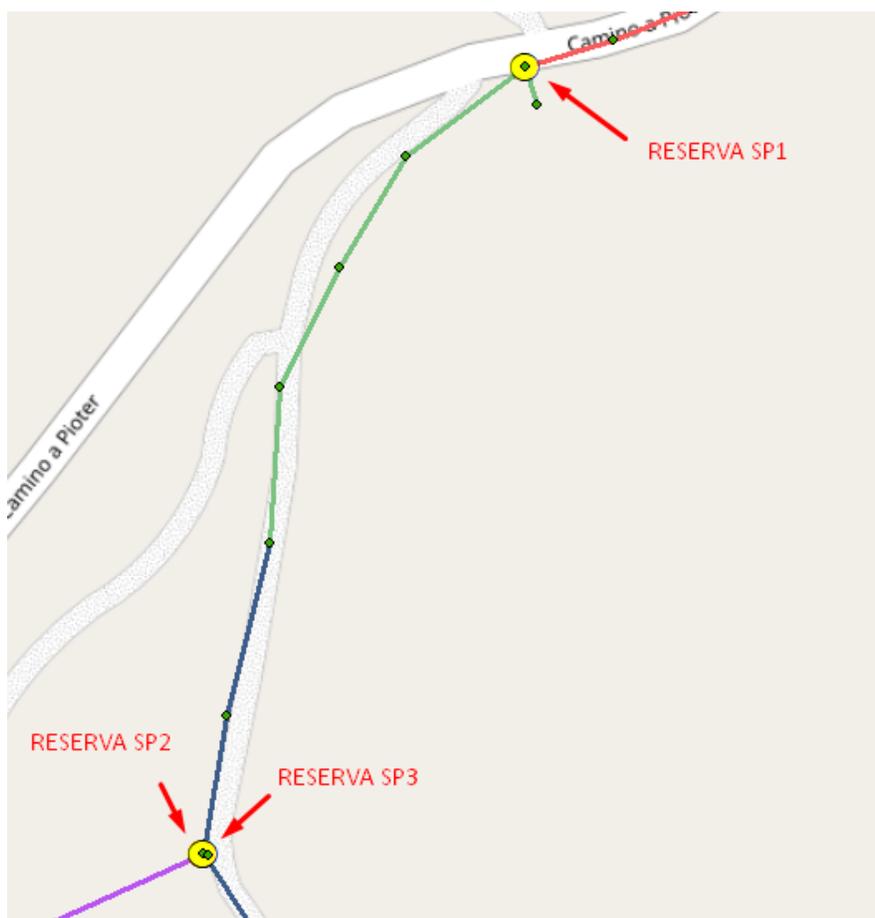
Reserva SP1	Troncal	30 metros (15 metros antes y 15 metros después del empalme)
Reserva SP2	Troncal	30 metros (15 metros antes y 15 metros después del empalme)
Reserva SP3	Troncal	30 metros (15 metros antes y 15 metros después del empalme)

Nota. En la sección de la red troncal para el 10% de la longitud de red se obtuvo el valor de 29.519 metros, pero se lo aproxima a los 30 metros según la normativa CNT.

Igualmente, en la figura 27 se presenta la ubicación de estas reservas en el diseño de red en ArcGis.

Figura 27

Ubicación de reservas – NAP nivel 1



Se continúa indicando las reservas de los NAP de segundo nivel, en la tabla 14 se observa el valor asignado para las reservas de la red de distribución 1.

Tabla 14

Valor de reservas – NAP de nivel 2

Etiqueta	Red	Valor de reserva
TL-P1-NAP1	Distribución	50 metros: 5% de la distancia medida de la red
TL-P1-NAP2	Distribución	50 metros: 5% de la distancia medida de la red
TL-P1-NAP3	Distribución	50 metros: 5% de la distancia medida de la red

TL-P1-NAP4	Distribución	50 metros: 5% de la distancia medida de la red
------------	--------------	--

Nota. En la sección de la red de distribución para el 5% de la longitud de red se obtuvo el valor de 49.4 metros, pero se lo aproxima a los 50 metros, igualmente a la longitud total de la red se suma la reserva multiplicado por los 4 NAPs de nivel 2.

Igualmente, en la figura 28 se presenta la ubicación de estas reservas en el diseño de red en ArcGis.

Figura 28

Ubicación de reservas – NAP nivel 2



En la tabla 15 se observa el valor asignado para las reservas de la red de distribución 2.

Tabla 15

Valor de reservas – NAP de nivel 2

Etiqueta	Red	Valor de reserva
TL-P2-NAP1	Distribución	60 metros: 5% de la distancia medida de la red

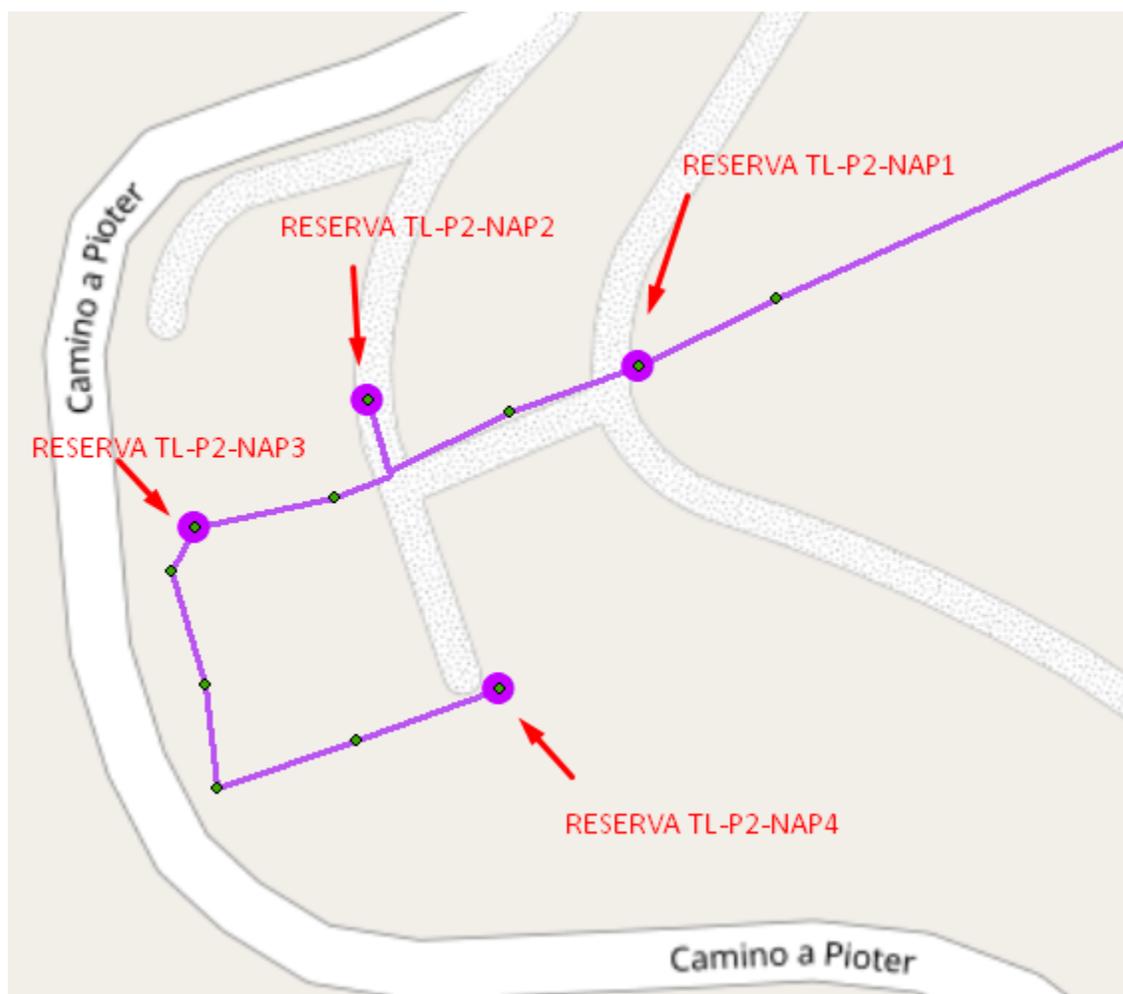
TL-P2-NAP2	Distribución	60 metros: 5% de la distancia medida de la red
TL-P2-NAP3	Distribución	60 metros: 5% de la distancia medida de la red
TL-P2-NAP4	Distribución	60 metros: 5% de la distancia medida de la red

Nota. En la sección de la red troncal para el 5% de la longitud de red se obtuvo el valor de 56.7 metros, pero se lo aproxima a los 60 metros, igualmente a la longitud total de la red se suma la reserva multiplicado por los 4 NAPs de nivel 2.

Igualmente, en la figura 29 se presenta la ubicación de estas reservas en el diseño de red en ArcGis.

Figura 29

Ubicación de reservas – NAP nivel 2



En la tabla 16 se observa el valor asignado para las reservas de la red de distribución 3.

Tabla 16

Valor de reservas – NAP de nivel 2

Etiqueta	Red	Valor de reserva
TL-P1-NAP1	Distribución	18 metros: 5% de la distancia medida de la red
TL-P1-NAP2	Distribución	18 metros: 5% de la distancia medida de la red
TL-P1-NAP3	Distribución	18 metros: 5% de la distancia medida de la red

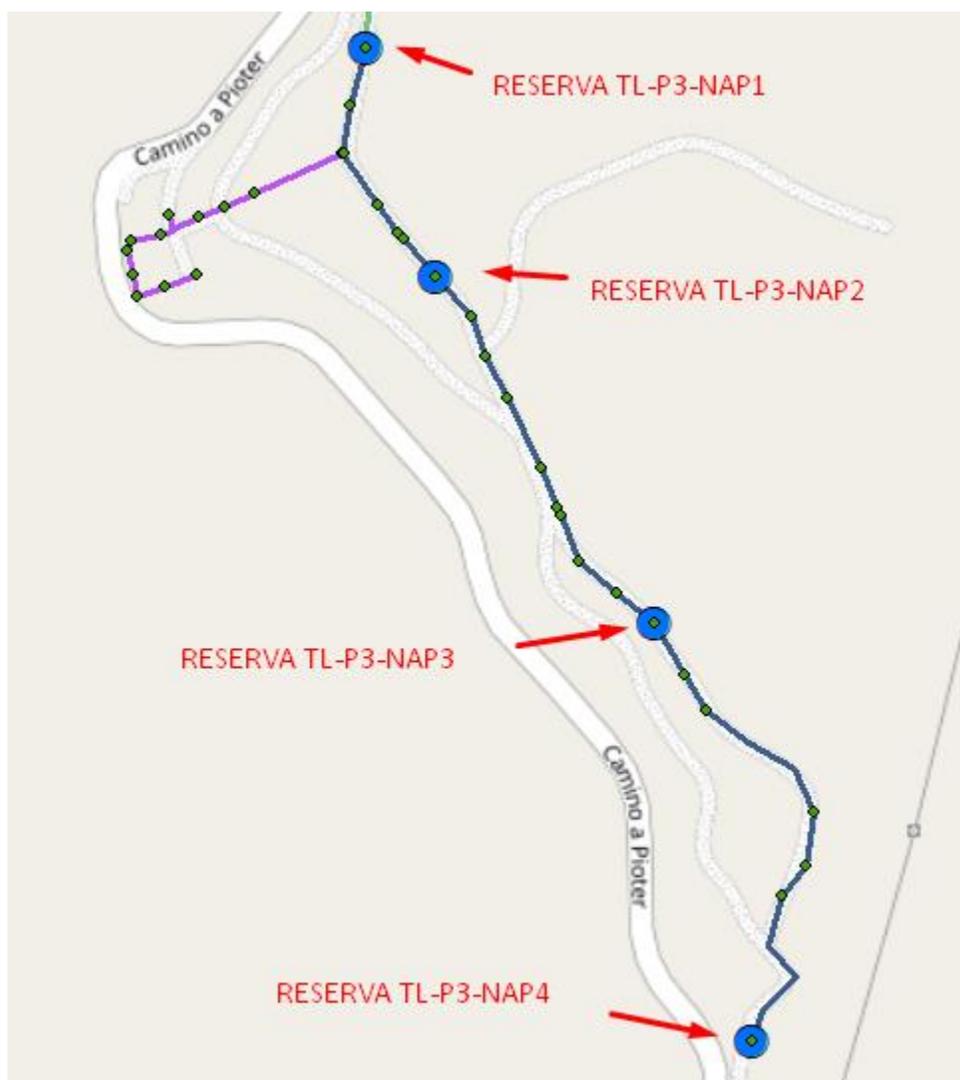
TL-P1-NAP4	Distribución	18 metros: 5% de la distancia medida de la red
------------	--------------	--

Nota. En la sección de la red troncal para el 5% de la longitud de red se obtuvo el valor de 18.05 metros, pero al ser el decimal un valor muy mínimo se lo dejó a los 18 metros, igualmente a la longitud total de la red se suma la reserva multiplicado por los 4 NAPs de nivel 2.

Igualmente, en la figura 30 se presenta la ubicación de estas reservas en el diseño de red en ArcGis.

Figura 30

Ubicación de reservas – NAP nivel 2



4.7. Diseño final de la Red GPON

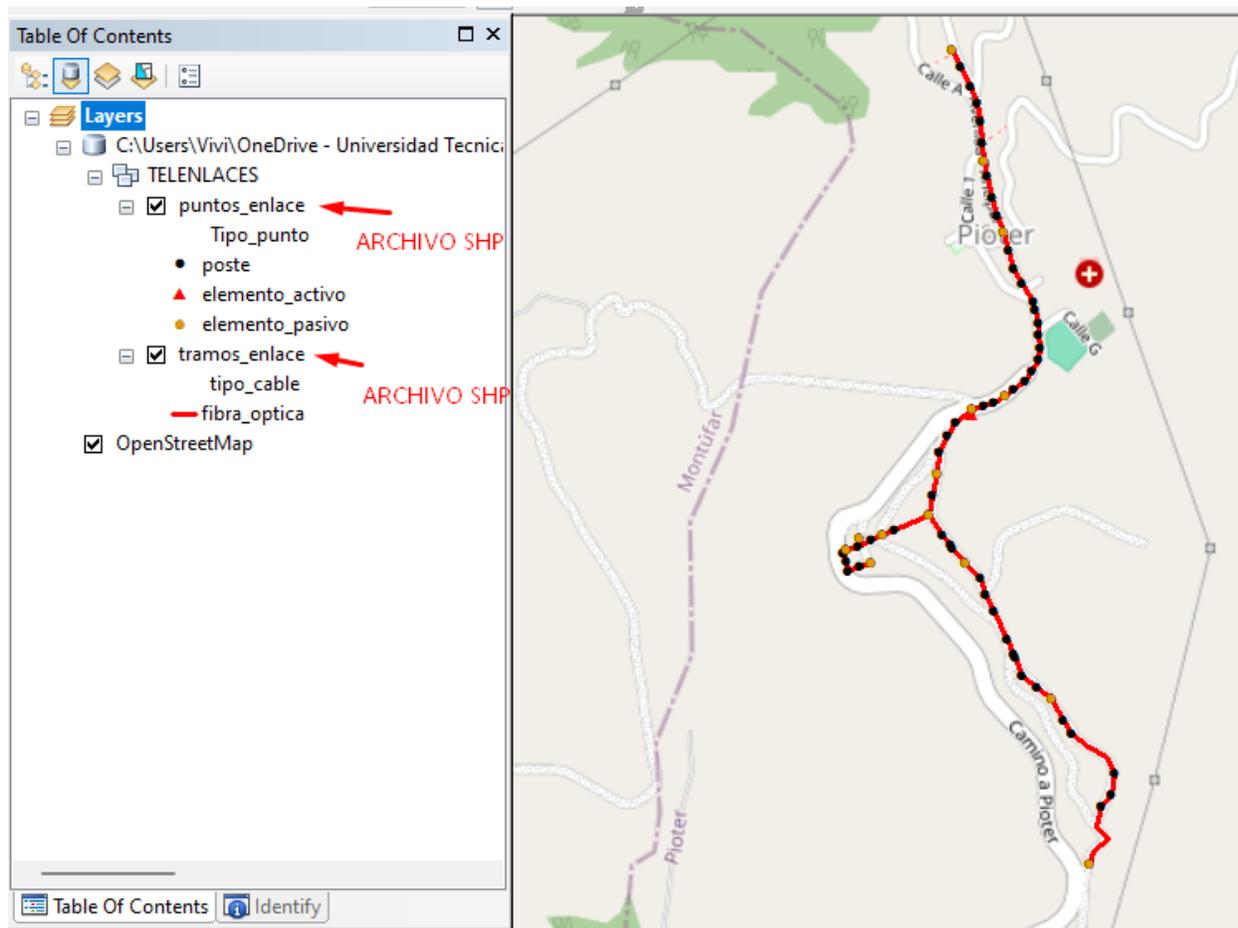
Según el instructivo de georreferenciación indicado en el Anexo D, la Arcotel pide que el diseño sea entregado en una base de datos llamada Geodatabase personal en formato .gdb, por lo que el diseño de red para la parroquia de Pioter realizado en ArcGis se lo ha guardado en ese formato, mismo tiene toda la información de los puntos y tramos del enlace y con el mapa base de OpenStreet y todo esto con el sistema de coordenadas UNIVERSAL TRANSVERSAL MERCATOR (UTM) y utilizando el DATUM WGS_1984 ZONA 17S como dice en el instructivo.

A continuación, en la figura 31 se puede observar al lado izquierdo los archivos shapes con los nombres que establece la Arcotel: puntos_enlace y tramos_enlace. Para el caso de los puntos de enlace se observa cada elemento que ha sido agregado como son los **postes** de la parroquia que han sido tomados de la base de datos de la empresa Emelnorte y que también proporciona la Arcotel y que se han asignado de color negro y con una dimensión de 6 unidades, los **elementos activos** que en este caso solo es la OLT y se le ha colocado como un triángulo rojo con una dimensión de 10 unidades, y, por último, los **elementos pasivos** que en este caso son los NAPs de nivel 1 y 2 y las reservas.

De igual manera, para el caso de los tramos de enlace se observa el tipo de cable que de acuerdo con el instructivo al ser de **fibra óptica** debe ser de color rojo con un ancho de 2 unidades.

Figura 31

Base de datos de diseño final

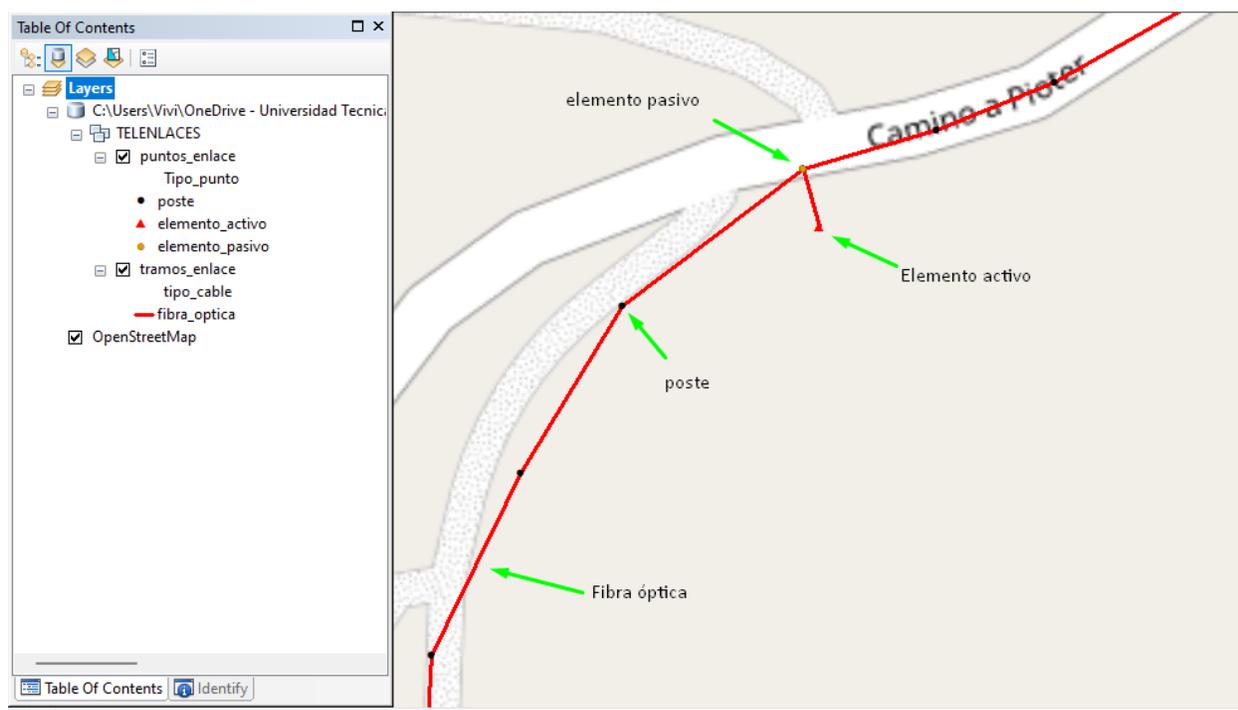


Nota. Este diseño está realizado en ArcGis, específicamente en su complemento de ArcMap.

Con el objetivo de facilitar la visualización de los elementos en los puntos y tramos de conexión, se presenta la figura 32. En esta imagen, se muestra cómo se integran en el diseño definitivo dentro del mapa base de OpenStreet, el cual se incorpora en el programa de ArcGis.

Figura 32

Elementos del diseño final en OpenStreetMap



Nota. En la figura se aprecia el aspecto de los elementos en el diseño de red.

Se detallaron los elementos pasivos y activos de la red siguiendo las pautas proporcionadas por la Arcotel, también se llevó a cabo este proceso mediante requisitos, criterios y cálculos teóricos. Ahora, para garantizar la eficacia del diseño, se procederá a realizar una simulación. Y más adelante, se llevará a cabo una evaluación de su viabilidad económica, tomando en cuenta los presupuestos y las especificaciones técnicas de los equipos que potencialmente formarán parte de esta red diseñada.

4.8. Simulación de la red de fibra óptica

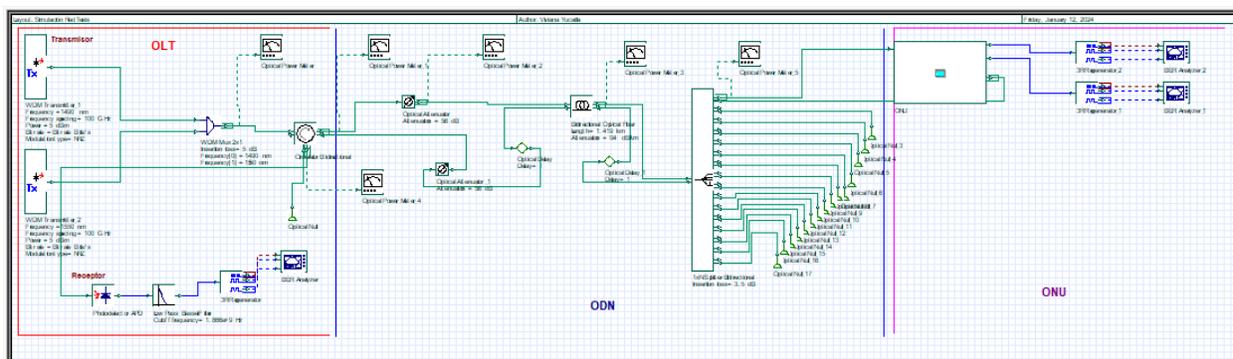
En esta sección del proyecto, se enfocará en la simulación de la red de fibra óptica, detallando cada segmento de la red del proyecto de manera didáctica mediante un diagrama explicativo en el programa de Optisystem.

4.8.1. Diseño simulado de la red de fibra óptica

La simulación se dividirá en tres secciones clave: OLT (Equipo Terminal Óptico), ODN (Red de Distribución Óptica) y ONT/ONU (Terminal de Red Óptica), como se representa de manera visual en la figura 33.

Figura 33

Simulación completa de la red

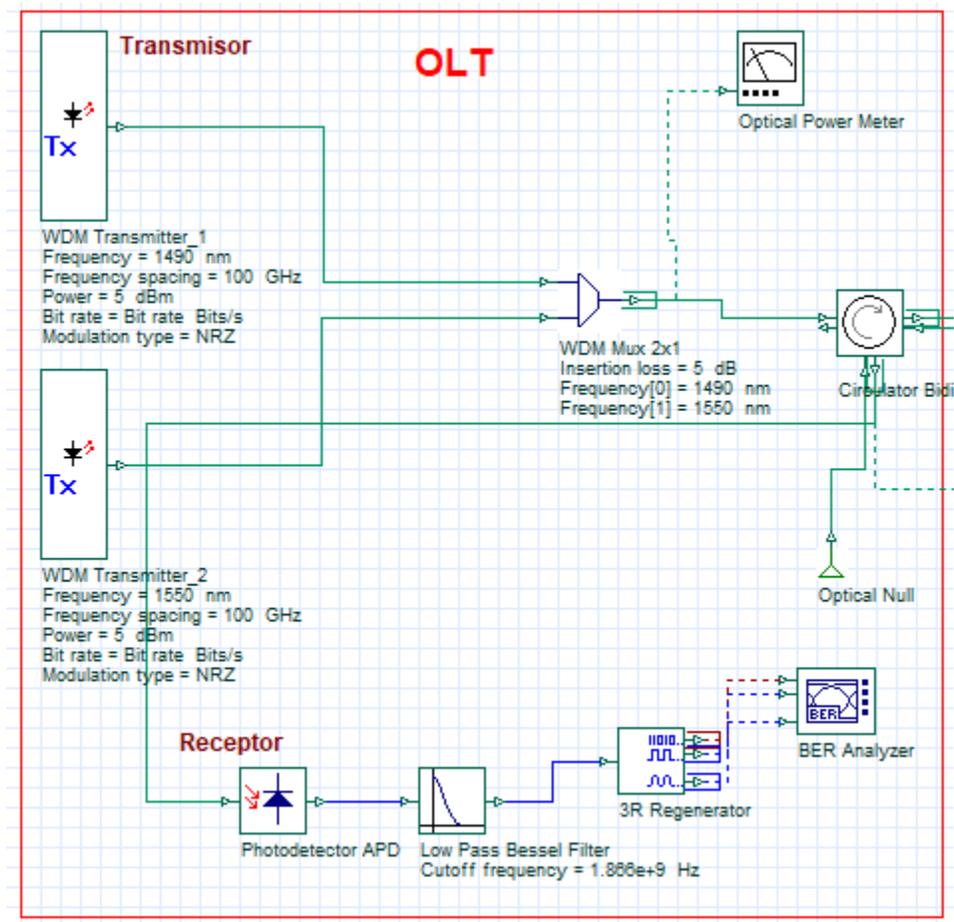


Nota. En la figura se aprecia el diseño completo de la simulación de la red.

La etapa inicial involucra la OLT, que comprende dos emisores ópticos. Uno de ellos se encarga de transmitir voz y datos a una longitud de onda de 1490 nm, mientras que el otro se destina a la transmisión de video a una longitud de onda de 1550 nm. Además, la OLT incluye un fotodetector para captar la señal a una longitud de onda de 1310 nm como se puede observar en la figura 34.

Figura 34

Simulación - Sección OLT

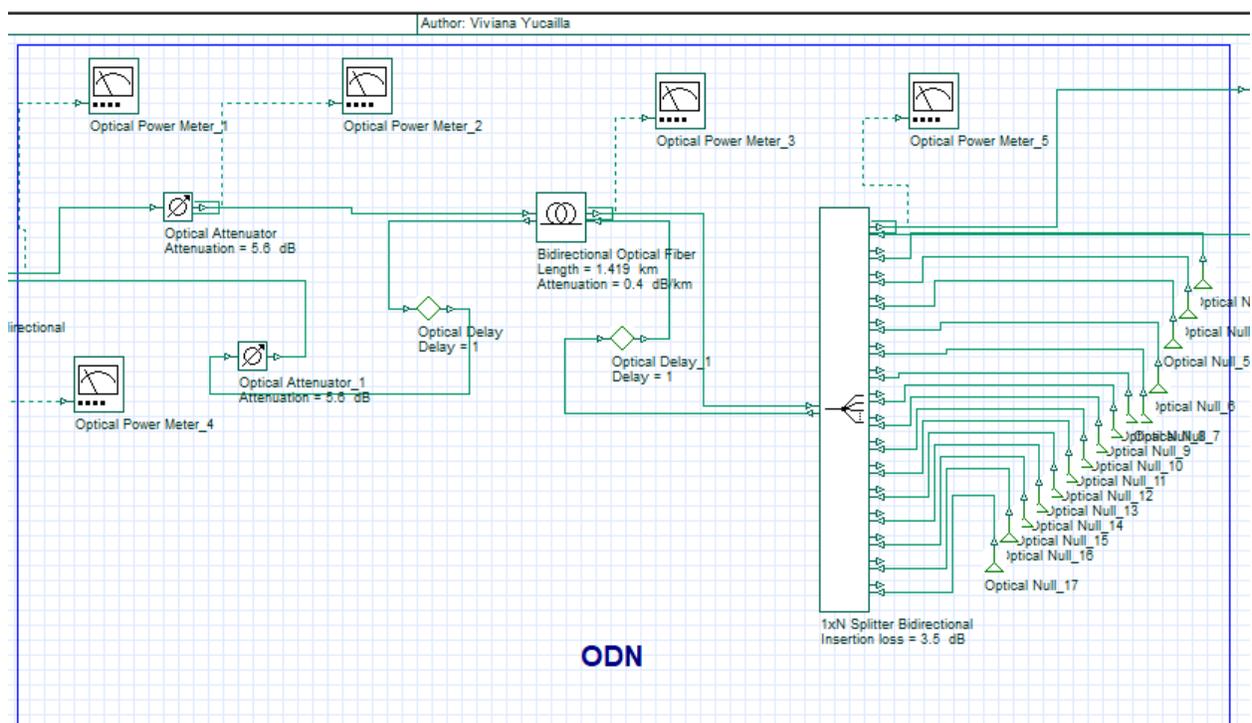


Nota. En la figura se aprecia el bloque OLT con los componentes que lo conforman.

La fase siguiente corresponde a la ODN, que se compone de elementos pasivos como la fibra óptica, splitters, pérdidas de atenuación por fusiones y conectores que se extienden desde la OLT hasta las ONUs como se observa en la figura 35.

Figura 35

Simulación – Sección ODN

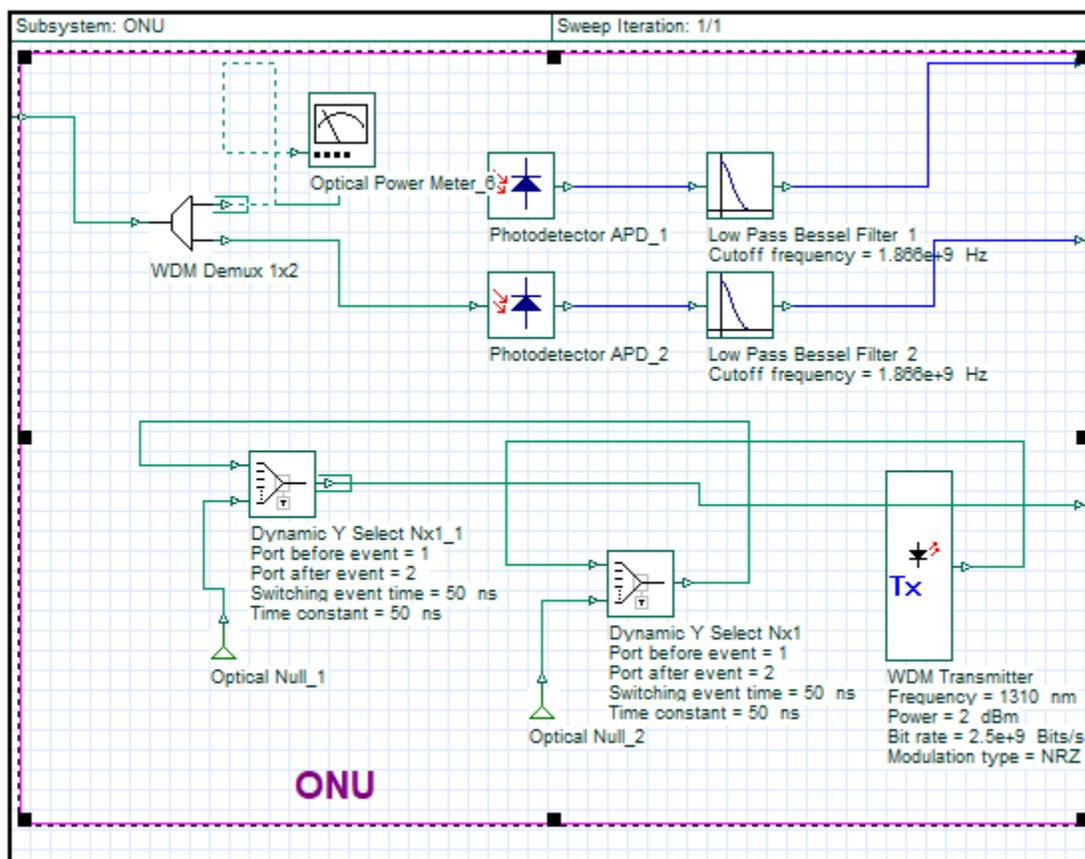


Nota. En la figura se aprecia el bloque ODN con los componentes que lo conforman.

La fase final es la ONT/ONU, situada en el usuario final. Está equipada con dos fotodetectores APD que captan las señales ópticas en longitudes de onda de 1490 nm y 1550 nm, y un transmisor óptico encargado de enviar voz y datos a una longitud de onda de 1310 nm como se observa en la figura 36.

Figura 36

Simulación – Sección ONU



Nota. En la figura se aprecia el bloque de la ONU con los componentes que lo conforman.

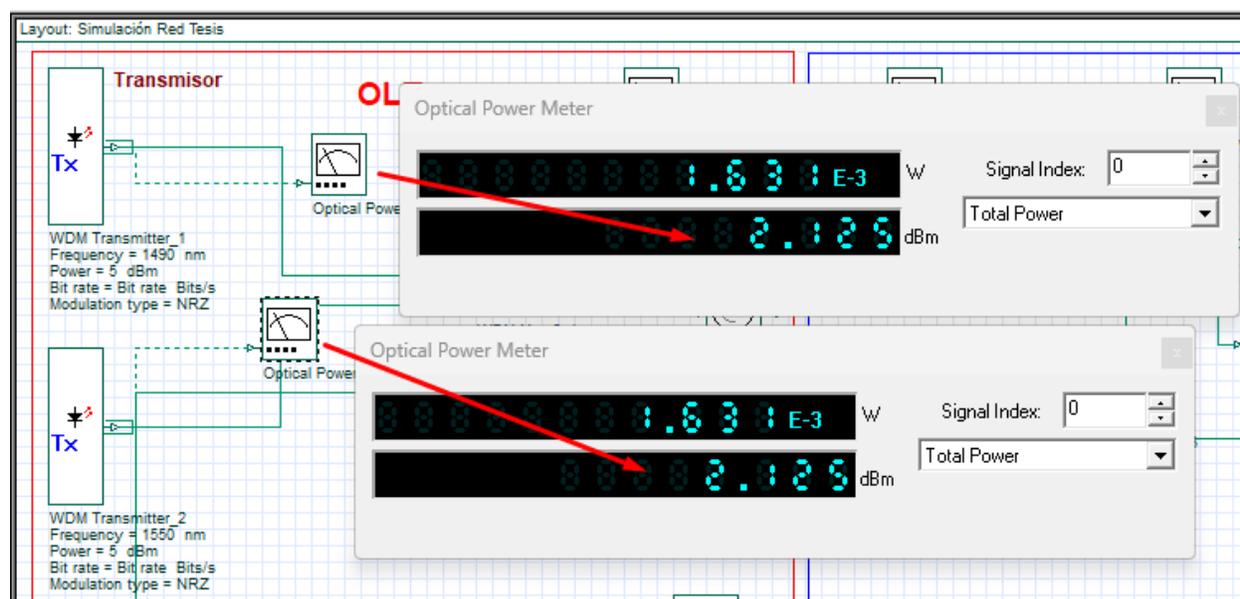
Una vez que se han configurado las tres etapas de la red GPON (OLT, ODN y ONU), se procede a verificar las pérdidas en el enlace para confirmar el cumplimiento del presupuesto de potencia según lo descrito en la sección 3.7.8.6. Este proceso se lleva a cabo mediante el uso de diferentes componentes integrados en el programa para asegurar el rendimiento óptimo de la red.

En una primera instancia, se emplea el componente denominado "Optical Power Meter", una herramienta de medición que permite verificar la señal de potencia a la salida de los componentes del diagrama de red.

Para ambas señales del transmisor, se ajustó la potencia de salida a 5 dBm al ser el valor umbral de potencia media máxima de transmisor OLT descrito en la sección 3.7.8. Al emplear el Optical Power Meter, se registró un valor consistente de 2.12 dBm para ambos transmisores OLT, según se ilustra en la figura 37.

Figura 37

Potencia Transmisores OLT



Nota. En la figura se aprecia los valores de la potencia de los dos transmisores OLT.

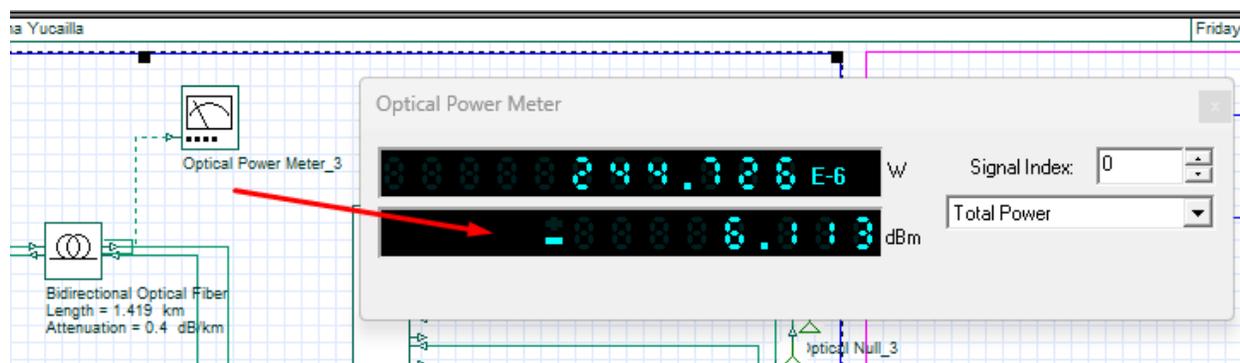
4.8.2. Simulación y cálculo para cliente más lejano

En este cálculo, se ajusta la longitud de la fibra según la ubicación del cliente más lejano y se ejecuta la simulación para ver los resultados. Después del componente Bidirectional Optical Fiber, se incorpora el Optical Power Meter. En este punto, antes de agregar la atenuación del splitter 1:16, se debe observar el valor combinado de la atenuación de la longitud de onda,

conectores y fusiones (calculado mediante las ecuaciones 11, 13 y 14 en la sección 3.7.8), lo que da como resultado 6.16 dB. En la simulación, el valor obtenido es de -6.113 dB, como se muestra en la figura 38.

Figura 38

Potencia de atenuación sin splitter

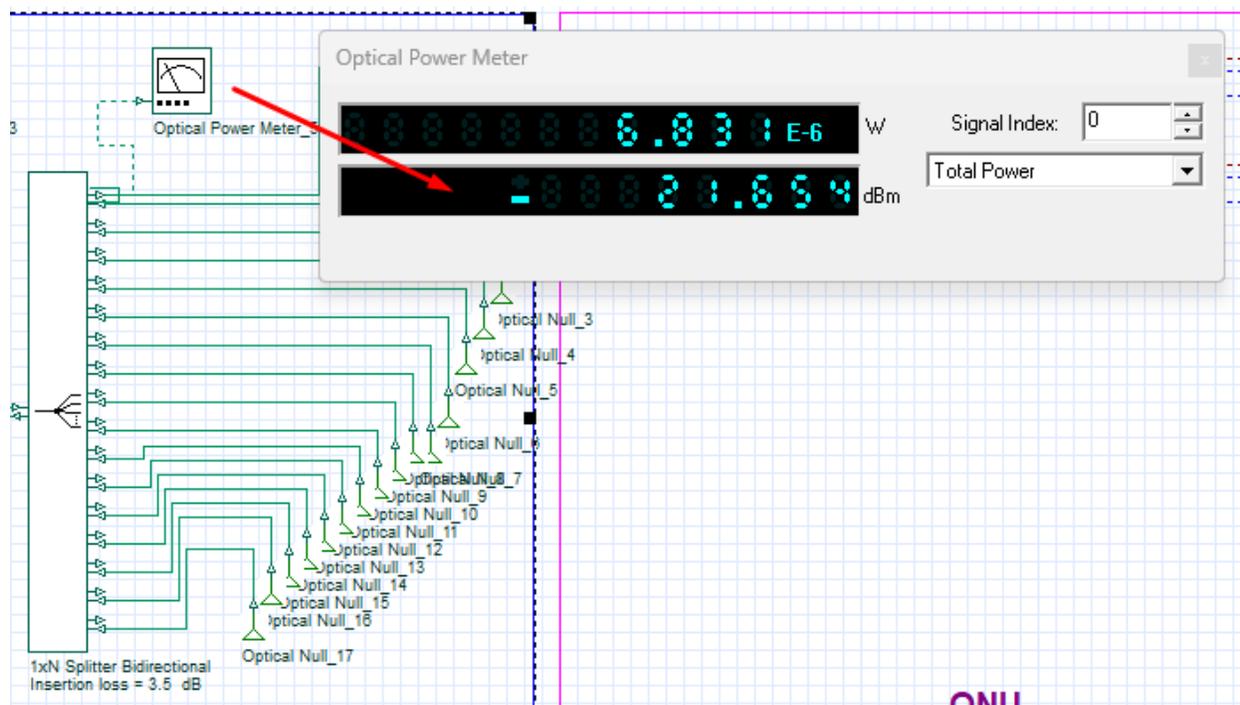


Nota. En la figura se aprecia los valores de la potencia de la atenuación sin splitter para el cliente más lejano.

Posteriormente se añade otro Optical Power Meter al punto de salida del splitter bidireccional, y el resultado obtenido al pasar por este componente es de -21.654 dBm como se observa en la figura 39, coincidiendo de manera cercana con el cálculo de atenuación por splitter de 21.5 dB (calculado mediante la ecuación 15 en la sección 3.7.8.4).

Figura 39

Potencia de Splitter

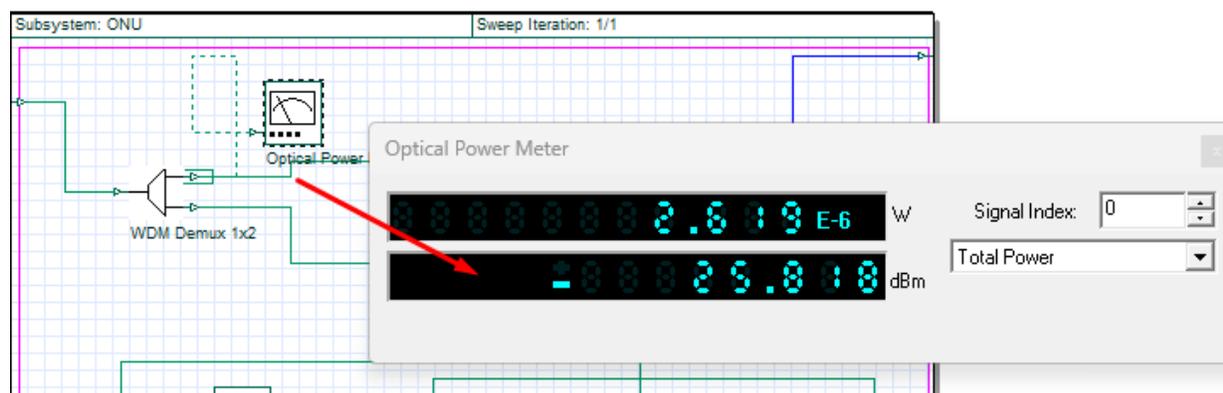


Nota. En la figura se aprecia los valores de la potencia del splitter para el cliente más lejano.

Finalmente, se realiza una verificación adicional para asegurar que la ONU pueda recibir la señal de manera efectiva, considerando que su sensibilidad mínima es de -27 dBm, información detallada en la sección del presupuesto óptico. Con este resultado, también se confirma la potencia en el receptor óptico, la cual es de -25.818 dBm como se indica en la figura 40, mostrando una similitud notable con el valor de -25.66 dB (obtenido en la ecuación 21 en la sección 3.7.8.7).

Figura 40

Potencia de Receptor Óptico – Cliente más lejano



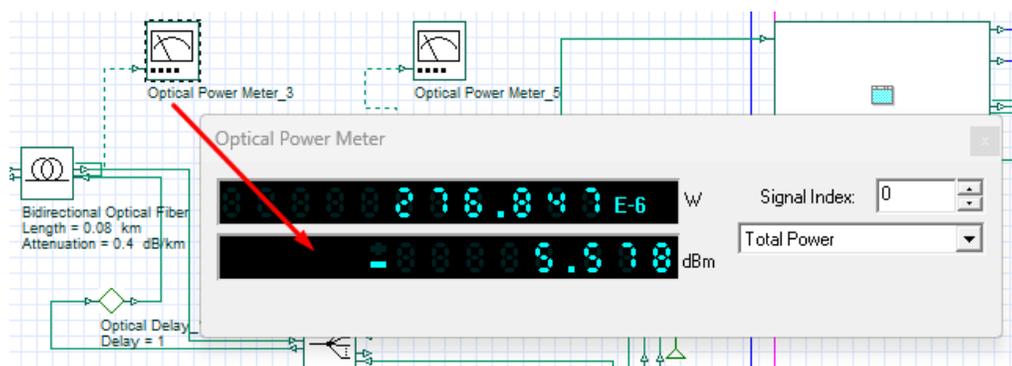
Nota. En la figura se aprecia los valores de la potencia del receptor óptico con el cliente más lejano.

4.8.3. Simulación y cálculo para cliente más cercano

Ahora se configura la longitud de la fibra con el valor del cliente más cercano, siendo el valor de 0.08 Km y se inicia la simulación para observar el resultado. Igualmente, que en el caso anterior después del elemento Bidirectional Optical Fiber se agrega el componente de Optical Power Meter, en este punto al no estar agregado todavía la atenuación del splitter 1:16, debe aparecer el valor sumado de atenuación de la longitud de onda, conectores y fusión de las ecuaciones 12, 13 y 14, teniendo como resultado 6.632 dB. Y en la simulación se obtiene el valor de -5.578 dB como se observa en la figura 41.

Figura 41

Potencia de atenuación sin splitter

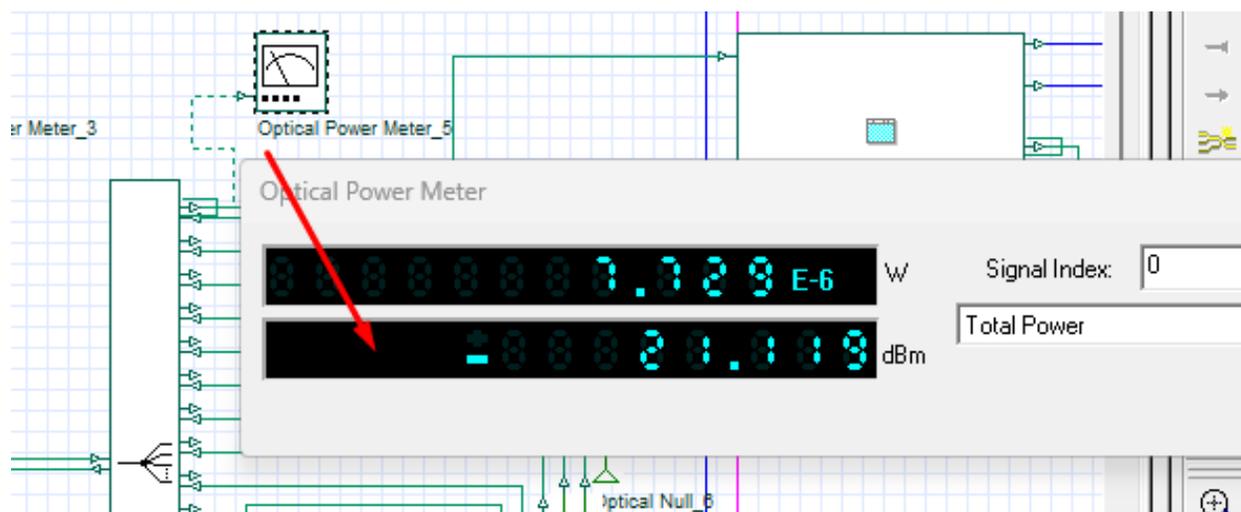


Nota. En la figura se aprecia los valores de la potencia de la atenuación sin splitter para el cliente más cercano.

Se continúa añadiendo el componente Optical Power Meter al punto de salida del splitter bidireccional, y el resultado obtenido es de -21.119 dBm como se observa en la figura 42, coincidiendo de manera cercana con el cálculo de atenuación proporcionado por la ecuación 15 (siendo de 21.5 dB en la sección 3.7.8.4).

Figura 42

Potencia de Splitter

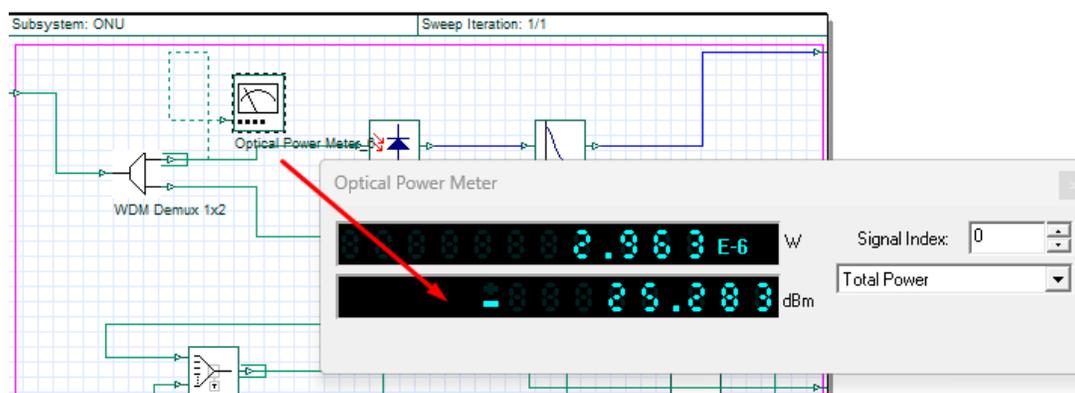


Nota. En la figura se aprecia los valores de la potencia del splitter para el cliente más cercano.

Por último, se realiza la verificación adicional para asegurar que la ONU pueda recibir la señal de manera efectiva, considerando que su sensibilidad mínima es de -27 dBm, información detallada en la sección del presupuesto óptico. Con este resultado, también se confirma la potencia en el receptor óptico, la cual es de -25.283 dBm como se indica en la figura 43, mostrando una similitud notable con el valor de -25.132 dB (obtenido en la ecuación 22 en la sección 3.7.8.7).

Figura 43

Potencia de Receptor Óptico – Cliente más cercano



Nota. En la figura se aprecia los valores de la potencia del receptor óptico con el cliente más cercano.

4.8.4. Resultado de simulación y comparativa de cálculos teóricos

Se lleva a cabo una comparación entre los cálculos matemáticos efectuados en la sección 3.7.8 del presupuesto óptico y los resultados obtenidos a través de la simulación. La tabla que sigue presenta una comparativa detallada entre estos datos, los cuales se extraen de los cálculos matemáticos de las Ecuaciones 21 y 22 situados en la sección 3.7.8.7, y de las figuras 40 y 43

correspondientes a la simulación que ha sido realizada en las secciones 4.8.2 y 4.8.3 respectivamente.

Tabla 17.

Comparativa de cálculos matemáticos y simulados

Cliente	Potencia de Emisor óptico (OLT)	Potencia de Receptor óptico calculado matemáticamente	Potencia de Receptor óptico calculado en la simulación
Más lejano	5 dB	-25.818 dB	-25.66 dB
Más cercano	5 dB	-25.283 dB	-25.132 dB

Nota. Se toma en cuenta que el Receptor óptico tiene una sensibilidad mínima de -27dBm y una sobrecarga mínima de -8dBm, con este rango los valores en la tabla son admitidos.

La Tabla 17 exhibe valores tanto simulados como calculados matemáticamente, los cuales muestran una similitud casi exacta con pequeñas variaciones, considerándolos prácticamente idénticos. Estas leves variaciones se deben a las diferencias en las distancias de la fibra óptica, aunque resultan insignificantes en términos prácticos. En consecuencia, podemos afirmar que, tanto en la simulación como en los cálculos, la red de fibra óptica está correctamente diseñada y operaría de manera normal dentro de las especificaciones de GPON, garantizando una sólida infraestructura FTTH.

CAPÍTULO V ANÁLISIS TÉCNICO FINANCIERO

La evaluación económica y financiera de un proyecto de diseño de red GPON FTTH (Gigabit Passive Optical Network - Fiber to the Home) se presenta como una etapa crucial para determinar su viabilidad y rentabilidad a largo plazo. En este capítulo, se realizará un análisis detallado de los aspectos financieros relacionados con la infraestructura de red, teniendo en cuenta tanto los costos iniciales como los beneficios previstos a lo largo del ciclo de vida del proyecto, teniendo así el estudio de la viabilidad que tiene el proyecto para que la empresa conozca los gastos de egresos e ingresos para su implementación en el futuro.

La convergencia de tecnologías de banda ancha y la creciente demanda de servicios de alta velocidad han situado a las redes GPON FTTH como una solución fundamental para proporcionar conectividad avanzada. Sin embargo, la considerable inversión necesaria para implementar esta infraestructura requiere un análisis financiero detallado que vaya más allá de una simple estimación de costos. A lo largo de este capítulo, se explorará las metodologías empleadas para evaluar los costos de capital, los gastos operativos y los ingresos proyectados. Se analizarán indicadores financieros clave como el Valor Actual Neto (VAN), la Tasa Interna de Retorno (TIR) y el tiempo necesario para recuperar la inversión. También se abordará consideraciones específicas del sector de las telecomunicaciones y las tendencias del mercado que pueden influir en las proyecciones financieras.

Este análisis técnico financiero no solo tiene como objetivo ofrecer una visión instantánea de la rentabilidad del proyecto, sino que también actúa como una guía estratégica para la toma de decisiones fundamentadas. A medida que se avanza en este capítulo, se explorará cómo asegurar la sostenibilidad financiera en la implementación de redes GPON FTTH.

5.1. Costos y especificaciones de equipos

Para la selección de los equipos en el diseño de la red, se llevó a cabo una reunión con la empresa, durante la cual se expresó la preferencia de trabajar con la marca Cablix, que es el proveedor seleccionado para suministrar los equipos a la empresa. La selección de equipos se iniciará con los dispositivos activos presentes en la red de fibra óptica, seguida por la evaluación de los equipos vinculados a la parte pasiva. Se presentarán especificaciones técnicas detalladas con el fin de obtener la información más completa sobre cada equipo, y se explorarán alternativas que cumplan con los requisitos específicos de la red de fibra óptica.

5.1.1. OLT

La planificación de esta red tiene como objetivo alcanzar 192 abonados, utilizando 3 hilos para la red troncal en el diseño propuesto. En este escenario, se contempla la presencia de 64 líneas ópticas por cada puerto PON. Una opción de OLT que podría satisfacer estos requisitos es la Huawei OLT Carrier Class Serie SmartAX EA5800 X2 AC-DC. Esta OLT está equipada con una tarjeta inicial de 16 puertos expandible a 32.

Los dispositivos multiservicio de la serie EA5800 adoptan una arquitectura distribuida y ofrecen a los usuarios una plataforma de transmisión integral para servicios que abarcan desde banda ancha hasta inalámbricos, video y vigilancia. El EA5800 facilita el acceso a tecnologías como GPON, XG-PON, XGS-PON, GE y 10 GE, respaldando diversos enfoques de construcción de red, que incluyen POL, FTTH, FTTB y FTTC. La implementación de una red óptica integral para todos los servicios simplifica la arquitectura y disminuye los costos operativos (OPEX). El

EA5800 está disponible en configuraciones pequeñas, medianas y grandes, adaptándose así a cada contexto de implementación (Morph Wifi S.A., 2023).

En la figura 44 podemos ver el modelo de OLT mencionado anteriormente.

Figura 44

Huawei OLT Carrier Class Serie SmartAX EA5800 X2 AC-DC



Nota. Adaptado de (Morph Wifi S.A., 2023).

Y en la tabla 18 se observan las especificaciones técnicas de la OLT:

Tabla 18.

Especificaciones OLT

Parámetro	Especificación
Gabinetes compatibles	N63E-22
Configuración de la placa	Ranuras para placa de control: 3, 4 Ranuras para placa de servicio o placa de interfaz ascendente: 1 a 2 No admite placa de interfaz universal

	Ranura para placa de alimentación: 0
	2U de alto y 19 pulgadas de ancho
Dimensiones (Ancho x Fondo x Alto)	Sin soportes de montaje: 442 mm x 268,7 mm x 88,1 mm Incluyendo soportes de montaje IEC: 482,6 mm x 268,7 mm x 88,1 mm Incluyendo soportes de montaje ETSI: 535 mm x 268,7 mm x 88,1 mm
Peso máximo (incluidos los soportes de montaje)	9,4 kilos
Corriente de entrada máxima	Fuente de alimentación CC: 20 A Fuente de alimentación CA: 10 A
Suministro de energía del sistema	11 V a 14 V CC, 0.5 A
Modos de fuente de alimentación	Soporte de alimentación de CC (doble para respaldo) Fuente de alimentación de CA + batería de respaldo
Rango de voltaje de trabajo	Fuente de alimentación CC: -38,4 V a -72 V Fuente de alimentación CA: 100 V a 240 V

Tensión nominal	Fuente de alimentación CC: -48 V/-60 V Fuente de alimentación CA: 110 V/220 V
Temperatura ambiente	-40°C a 65°C*. El EA5800 puede arrancar a temperaturas tan bajas como -25°C. La temperatura de 65 °C se refiere a la temperatura más alta medida en la ventilación de entrada de aire del sub-bastidor de servicio.
Humedad ambiental	5% HR a 95% HR
Presión atmosférica	70 kPa a 106 kPa
Altitud	4.000 m. La densidad del aire varía con la altitud y afectará la disipación de calor de un dispositivo. Por lo tanto, la temperatura ambiente de trabajo del EA5800 varía con la altitud.
Capacidad de conmutación del tablero de control (modo de carga compartida)	480 Gbit/s
Puertos GPON/Puertos XG(S)-PON	32

10 puertos GE	16
---------------	----

Nota. Adaptado de (Morph Wifi S.A., 2023).

Una vez se conoce las especificaciones de la OLT, es importante mencionar su precio y se lo encuentra en la tabla 19.

Tabla 19.

Costo Huawei OLT Carrier Class Serie SmartAX EA5800 X2 AC-DC

Elemento	Costo	Unidades	Sub Total
OLT modelo			
Huawei	\$ 4555.50	1	\$ 4555.50
TOTAL			\$ 4555.50

Nota. Los costos han sido dados por el proveedor de la empresa Telenlaces.

5.1.2. ODF

En relación con este dispositivo pasivo, es esencial considerar que se conectarán los hilos provenientes de la OLT. Al realizar la selección, es importante asegurarse de que cumpla con los requisitos específicos de nuestra red. En este contexto, se optará por un ODF de 24 puertos de la marca CABLIX CA26 OPP-0624AW ODF 24 PUERTOS SC SIMPLEX.

En la figura 45 podemos ver el modelo de ODF mencionado anteriormente:

Figura 45

ODF Cablix CA26 OPP-0624AW 24 Puertos SC Simplex



Nota. Adaptado de (4netonline, 2023).

Y en la tabla 20 se observan las especificaciones técnicas del ODF:

Tabla 20.

Especificaciones ODF

Parámetro	Especificación
Dimensiones (mm)	435 x 300 x 44
Material	plástico ABS
Puerto adaptador	24 piezas SC simplex
Máx. Capacidad	24 fibras
Máx. Cantidad de bandeja de empalme	1 pieza
Máx. capacidad de la bandeja de empalme	24 fibras

Color	blanco
Aplicación	montaje en bastidor de 19 pulgadas

Nota. Adaptado de (4netonline, 2023).

Una vez se conoce las especificaciones de la ODF, es importante mencionar su precio y se lo encuentra en la tabla 21.

Tabla 21.

Costo ODF

Elemento	Costo	Unidades	Sub Total
ODF modelo			
Cablix	\$ 24	1	\$ 24
TOTAL			\$ 24

Nota. Los costos han sido dados por el proveedor de la empresa Telenlaces.

5.1.3. ONU

En cuanto a este componente, es crucial tener presente que se destinará a la tecnología GPON. Por lo tanto, la elección debe recaer en un modelo compatible con esta tecnología para integrarse de manera efectiva en la red de fibra óptica. En este contexto, se ha optado por seleccionar un modelo de la misma marca que la OLT, dado que esta empresa ofrece productos diseñados específicamente para esta tecnología, asegurando así una compatibilidad sin inconvenientes. Además, estos equipos permiten trabajar sin problemas con una considerable cantidad de dispositivos interconectados. Para este componente, se ha elegido el modelo de ONU Huawei EG8120L.

La ONT no WiFi EG8120L de Huawei representa una terminal de red óptica (ONT) inteligente con funciones de enrutador. En el contexto de la solución FTTH de Huawei, ofrece un puerto GE, un puerto POTS y un puerto FE. Con capacidades avanzadas de reenvío de servicios, el EG8120L asegura experiencias sobresalientes en servicios como VoIP, Internet y video HD. De este modo, el EG8120L se presenta como una solución terminal completa, respaldando capacidades orientadas al futuro para redes (XPONSHOP, 2022).

En la figura 46 podemos ver el modelo de la ONU mencionado anteriormente:

Figura 46

ONU EG8120L



Nota. Adaptado de (XPONSHOP, 2022).

Y en la tabla 22 se observan las especificaciones técnicas de la ONU:

Tabla 22.*Especificaciones ONU EG8120L*

Parámetro	Especificación
Dimensiones (Al x An x Pr)	115 mm x 94 x 30 mm
Peso	155 g
Temperatura de funcionamiento	0°C a 40°C
Humedad de funcionamiento	5% HR a 95% HR (sin condensación)
Entrada del adaptador de corriente	100 V a 240 V CA, 50 Hz/60 Hz
Suministro de energía del sistema	11 V a 14 V CC, 0.5 A
Conector óptico	SC/APC
Puertos	1 x GE
Indicadores	POWER/PON/LOS/LAN/TEL
Puerto GPON	<ul style="list-style-type: none"> • Clase B+ • Sensibilidad del receptor: -27dBm

-
- Sobrecarga de potencia óptica: -8 dBm
 - Longitudes de onda: US. 1310 nm, DS 1490 nm
 - Filtro de bloqueo de longitud de onda (WBF)
 - Mapeo flexible entre GEM Port y TCONT
 - GPON: consistente con el SN o autenticación de contraseña definido en G.984.3
 - FEC bidireccional
 - SR-DBA y NSR-DBA
 - Tipo B (referencia única y referencia dual)
-

Nota. Adaptado de (XPONSHOP, 2022).

Una vez se conoce las especificaciones de la ONU, es importante mencionar su precio y se lo encuentra en la tabla 23.

Tabla 23.

Costo ONU EG8120L

Elemento	Costo	Unidades	Sub Total
ONU modelo EG8120L	\$ 14.50	192	\$ 2784
TOTAL			\$ 2784

Nota. Los costos han sido dados por el proveedor de la empresa Telenlaces.

5.1.4. NAP primer nivel

En el contexto de la arquitectura de red, otro componente pasivo esencial para la infraestructura de fibra óptica es la NAP de nivel uno, ubicada estratégicamente en la red de distribución. Dado que se cuenta con 3 NAPs de nivel uno, se establece una relación de división de 1:4, aspecto crucial a considerar al seleccionar el splitter.

Para realizar la derivación de la red de distribución en estas NAPs, se ha evaluado y optado por un modelo con capacidad para hasta 12 fusiones. Este modelo específico, CABLIX CAJA NAP OTB-0648AOK 16 PUERTOS IP68, satisface las necesidades de este diseño. Adicionalmente, se debe incorporar un divisor óptico 1:4, para lo cual se elige el Cablix Splitter 1x4 Conectorizado SC/APC G657A2, 900um. Completando la configuración, se agrega acopladores SC-APC del modelo CABLIX OAS-06SA ADAPTADOR O UNION SIMPLEX SC/APC

La caja de bornes de fibra óptica es adecuada para el empalme de fibra óptica, distribución y protección. Es un diseño práctico para la fibra óptica, y para la pared al aire libre montado y para montaje en postes (Cablix, 2024).

La figura 47 proporciona una representación visual de estos elementos que componen la NAP de nivel uno y garantizan su funcionalidad en el diseño de la red.

Figura 47

NAP de nivel 1, adaptador SC/APC y splitter 1:4



Nota. Adaptado de (Cablix, 2024).

Y en la tabla 24 se observan las especificaciones técnicas de la NAP de nivel 1:

Tabla 24.

Especificaciones NAP nivel 1

Parámetro	Especificación
Material	PP +GF
Cantidad	4 bandejas de empalme de fibra óptica, cada una de 12 fibras; 48 fibras
Carga	Puede cargar 16pcs SC simplex adaptador
Soporte de bandeja	Cada bandeja de empalme puede poner 1pc 1:8 PLC divisor tipo tubo de acero
Puertos de cable	4pcs Φ 18mm puertos de cable de entrada y 16pcs 3mm cable de caída puertos
Montaje	Aplicación de montaje en pared y montaje en poste

Resistencia	Impermeable, uso al aire libre
Red de acceso FTTH / Redes de telecomunicaciones	
Aplicaciones	/ Redes CATV / Comunicaciones de datos / Redes de área local

Nota. Adaptado de (Cablix, 2024).

Para calcular los costos totales de estas NAPs, sumamos el precio de la NAP en sí misma a los elementos adicionales necesarios para su configuración completa, detallados anteriormente. Estos elementos incluyen el divisor óptico y los acopladores, se debe tomar en cuenta que el proveedor ofrece el paquete de los 4 NAPs por el precio que está en la tabla, pero sólo se usarán 3 de los mismos. La información detallada de los costos se presenta en la tabla 25.

Tabla 25.

Costo NAP nivel 1

Elemento	Costo	Unidades	Sub Total
4 NAPs	\$ 57	1	\$ 57
Acopladores SC-APC	\$ 0.25	3	\$ 0.75
Cablix Splitter 1x4 Conectorizado SC/APC G657A2, 900um	\$ 8	3	\$ 24
TOTAL			\$ 81.75

Nota. Los costos han sido dados por el proveedor de la empresa Telenlaces.

5.1.5. NAP segundo nivel

Ahora se explorará la sección de las NAPs de nivel dos, las cuales comparten similitudes con las de nivel uno en términos de estructura. La distinción clave radica en que estas NAPs se conectarán con la última milla, alcanzando a los distintos clientes o usuarios finales a través de cada puerto. En esta fase, es esencial tener una división de 1:16 para cada hilo proveniente de la red de distribución. Para abordar estos requisitos, se ha seleccionado el mismo modelo de CABLIX CAJA NAP OTB-0648AOK 16 PUERTOS IP68, igualmente al precio se le incluye los elementos esenciales de una NAP, como acopladores y los divisores ópticos de 1:16. La figura 48 proporciona una representación detallada de este modelo:

Figura 48

NAP de nivel 2, adaptador SC/APC y splitter 1:16



Nota. Adaptado de (Cablix, 2024).

Y las especificaciones técnicas de la NAP de nivel 2 son las mismas de la tabla 23 que se observó anteriormente.

Igualmente, que en la tabla de las NAP de nivel 1 se presenta la información detallada de los costos en la tabla 26.

Tabla 26.*Costo NAP nivel 2*

Elemento	Costo	Unidades	Sub Total
4 NAPs	\$ 57	3	\$ 171
Acopladores SC-APC	\$ 0.25	16	\$ 4
Cablrix Splitter 1x16 Conectorizado SC/APC G657A2, 900um	\$ 19	16	\$ 304
TOTAL			\$ 479

Nota. Los costos han sido dados por el proveedor de la empresa Telenlaces.

5.1.6. Conector Mecánico UPC

El conector mecánico se lo utiliza para la conexión entre la fibra óptica DROP de la red de última milla y la ONU que estará ubicado en cada abonado, en este caso se utilizarán 192 conectores mecánicos de la marca CABLIX CONECTOR MECANICO MONOMODO SC/UPC Ferul Cerámica en lo cual se lo observa en la figura 49.

Figura 49

Conector Mecánico UPC



Nota. Adaptado de (Cablix, 2024).

Y el precio de este conector se encuentra en la tabla 27.

Tabla 27.

Costo Cable Mecánico UPC

Elemento	Costo	Unidades	Sub Total
Conector mecánico	\$ 1.24	192	\$ 238.08
UPC marca Cablix			
TOTAL			\$ 238.08

Nota. Los costos han sido dados por el proveedor de la empresa Telenlaces.

5.1.7. Cable de fibra óptica red troncal

En esta sección, se enfocará en el cable de fibra óptica destinado a la red troncal, detallando sus especificaciones y costos. Este cable debe cumplir, como mínimo, con los requisitos

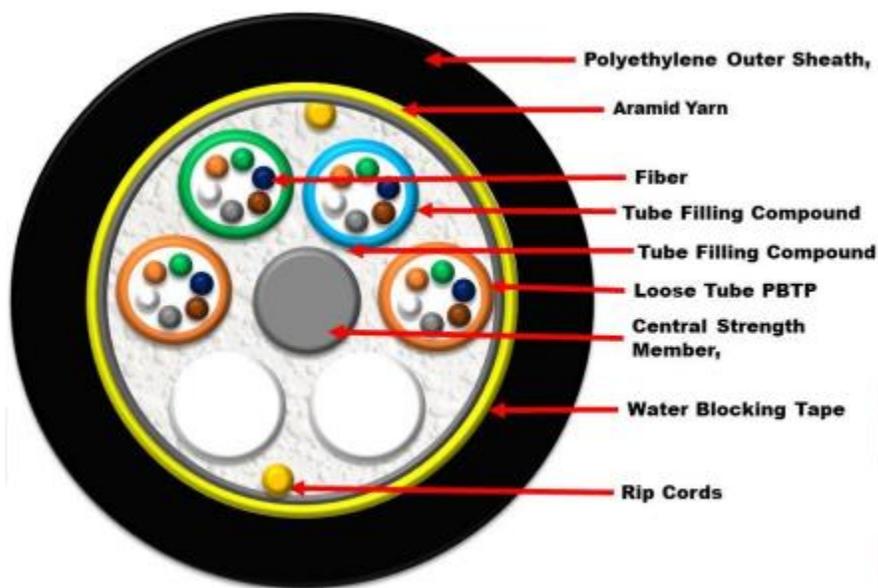
fundamentales del diseño, como el número mínimo de hilos necesario para abastecer a los 3 NAPs de nivel uno en la red de distribución, que en este caso serán al menos 3 hilos. Además, se espera que el cable sea compatible con expansiones futuras.

Es imperativo que este cable cumpla con la norma ITU G.652.D, que se ha discutido anteriormente en este trabajo. El resto de las especificaciones estará detallado por el fabricante, lo que permitirá seleccionar un cable que se ajuste a las necesidades específicas.

Dado estos criterios, la opción más adecuada sería el modelo Fibra óptica ADSS monomodo CABLIX FIBRA ADSS 6 Hilos Span 120 mts G.652D UV-ANTI-HONGOS-GEL Interna, HPDE diámetro 9.0mm + 0.5mm, según el catálogo proporcionado por el distribuidor Cablix

Figura 50

Fibra óptica ADSS – Red Troncal



Nota. Adaptado de (Cablix, 2024).

A continuación, se presenta la tabla 28 con los detalles correspondientes:

Tabla 28.

Especificaciones Cable Fibra Óptica ADSS – Red Troncal

Parámetro	Especificación
Tipo de fibra	G652D
Número de fibras	6/12/24/48
Dimensión de cable (mm)	9.0± 0.5mm
Atenuación (dB/km)	1310nm ≤ 0.36 1383nm ≤ 0.35 1550nm ≤ 0.22
Longitud de onda de dispersión cero	1300 ~ 1324 nm

Nota. Adaptado de (Cablix, 2024).

Una vez se conoce las especificaciones de la fibra, es importante mencionar su precio y se lo encuentra en la tabla 29.

Tabla 29.

Costo Cable de Fibra óptica

Elemento	Costo	Unidades	Sub Total
-----------------	--------------	-----------------	------------------

CABLIX				
FIBRA ADSS	\$ 469/km		1	\$ 469
6 Hilos				
TOTAL				\$ 469

Nota. Los costos han sido dados por el proveedor de la empresa Telenlaces.

5.1.8. Cable de fibra óptica red de distribución

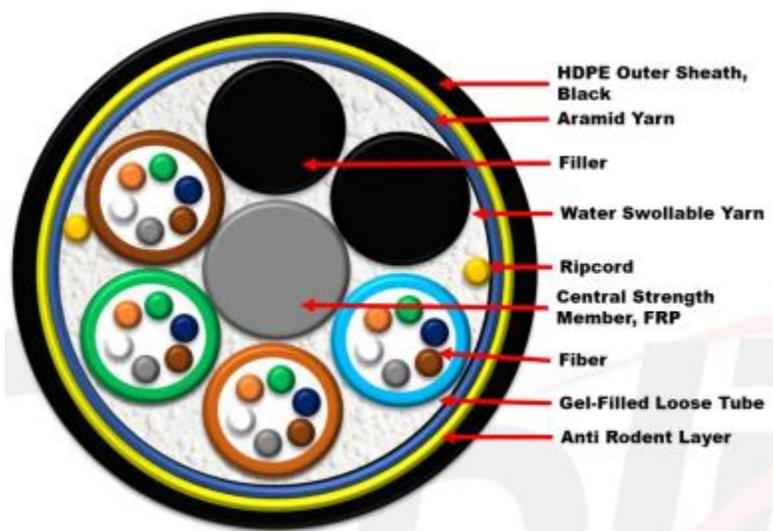
En esta sección, se enfocará en el cable de fibra óptica destinado a la red de distribución, detallando sus especificaciones y costos. Este cable debe cumplir, como mínimo, con los requisitos fundamentales del diseño, como el número mínimo de hilos necesario para abastecer a los 4 NAPs de nivel dos en la red de distribución, que en este caso serán al menos 12 hilos. Además, se espera que el cable sea compatible con expansiones futuras.

Es imperativo que este cable también cumpla con la norma ITU G.652.D, que se ha discutido anteriormente en este trabajo. El resto de las especificaciones estará detallado por el fabricante, lo que permitirá seleccionar un cable que se ajuste a las necesidades específicas.

Dado estos criterios, la opción más adecuada sería el modelo CABLIX FIBRA ADSS 12 Hilos Span 120 mts G.652D UV-ANTI HONGOS-GEL Interna, HPDE diámetro 10 ± 0.5 mm Rollo de 4Km, Hilo Furukawa, Buffer de 2,1mm según el catálogo proporcionado por el distribuidor Cablix.

Figura 51

Fibra Óptica ADSS – Red Distribución



Nota. Adaptado de (Cablix, 2024).

A continuación, se presenta la tabla 30 con los detalles correspondientes:

Tabla 30.

Especificaciones Cable Fibra Óptica ADSS – Distribución

Parámetro	Especificación
Tipo de fibra	ITU-T Rec. Pico bajo de agua (LWP) - G652D
Número de hilos de fibras	06F / 12F / 24F / 48F/ 96F/ 144F
Color exterior de la chaqueta	Negro
Protección de la chaqueta	Resistente a los rayos UV

Coeficiente de Atenuación (dB/km)	1310nm ≤ 0.36 1550nm ≤ 0.22
Punto de discontinuidad	≤ 0.05 dB
Diámetro del campo modal	Rango Nominal: 9.2 μm Tolerancia: ± 0.4 μm
Diámetro del revestimiento (nominal)	125 μm ± 0.7 μm

Nota. Adaptado de (Cablix, 2024).

Una vez se conoce las especificaciones de la fibra, es importante mencionar su precio y se lo encuentra en la tabla 31.

Tabla 31.

Costo Cable de Fibra óptica – Red Distribución

Elemento	Costo	Unidades	Sub Total
Fibra óptica			
ADSS 12 hilos	\$ 2630 / 4km	1 rollo	\$ 2630
TOTAL			\$ 2630

Nota. Los costos han sido dados por el proveedor de la empresa Telenlaces.

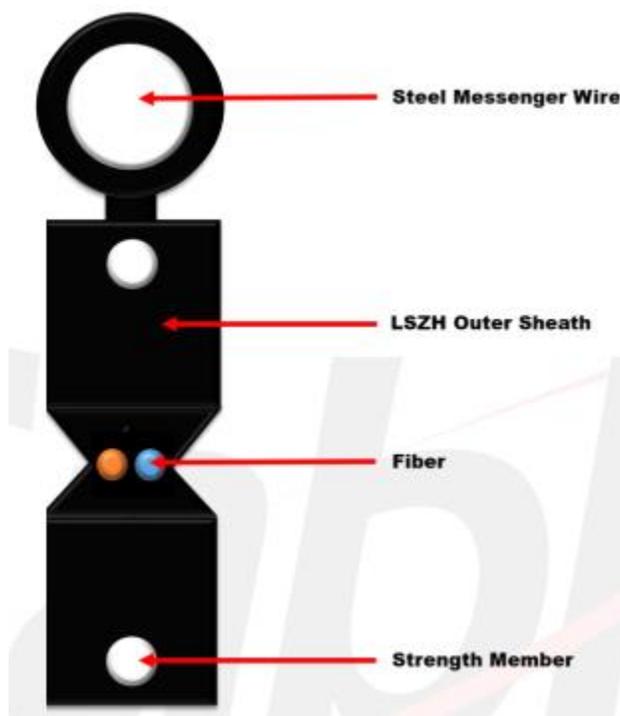
5.1.9. Cable de fibra óptica última milla

Este tramo final representa la conexión directa entre el cliente final y la red de fibra óptica GPON. La ONT completa la conexión del cliente y requiere una conexión de fibra óptica que

cumpla con los estándares del proyecto. Por tanto, al seleccionar el cable, es crucial garantizar que cumpla con la norma ITU G.657.A y que se disponga de una longitud de alrededor de 20 km de cable, según el diseño, para abarcar todas las conexiones de los clientes necesarios. Además, dado que este tramo constituye la última milla de la red, el cable debe ser monomodo y contar con un solo hilo para satisfacer las especificaciones previamente establecidas y el modelo que se utilizará es de CABLIX Fibra DROP plana 1 Hilo DSSF-09G657A2001 G657A2 chaqueta LSZH, 1 mensajero acero y 2 cables guías de FRP, Presentación en Rollos de 2 KM.

Figura 52

Diagrama de estructura de fibra DROP 1 hilo



Nota. Adaptado de (Cablix, 2024).

A continuación, se presenta la tabla 32 con los detalles correspondientes:

Tabla 32.*Especificaciones Cable Fibra Óptica*

Parámetro	Especificación
Tipo de fibra	G657
Número de fibras	1/2/4
Color	Azul/Naranja/Verde/Marrón
Atten.1310	Antes del cable $\leq 0.35\text{dB/km}$ y después del cable $\leq 0.36\text{dB/km}$
Atten.1383	Antes del cable $\leq 0.35\text{dB/km}$ y después del cable $\leq 0.36\text{dB/km}$
Atten.1550	Antes del cable $\leq 0.21\text{dB/km}$ y después del cable $\leq 0.22\text{dB/km}$
Longitud de onda de dispersión cero	1300 ~ 1324 nm

Nota. Adaptado de (Cablix, 2024).

Una vez se conoce las especificaciones de la fibra, es importante mencionar su precio y se lo encuentra en la tabla 33.

Tabla 33.*Costo Cable de Fibra óptica*

Elemento	Costo	Rollo	Sub Total
-----------------	--------------	--------------	------------------

CABLIX			
Fibra DROP plana 1 Hilo, Rollo 2 Km	\$ 150	10	\$ 1500
TOTAL			\$ 1500

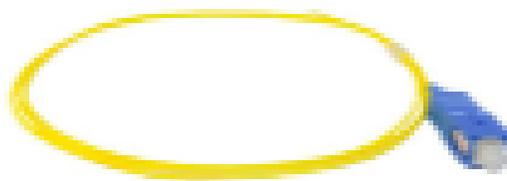
Nota. Los costos han sido dados por el proveedor de la empresa Telenlaces.

5.1.10. Pigtails

Al iniciar con los pigtails, es esencial considerar que se ubican al principio de cada hilo en cada una de las redes. En total, se emplearán 3 pigtails para el inicio de los hilos en la red troncal hacia cada NAP de nivel uno, 12 para el inicio de la red de distribución hacia cada NAP de nivel dos, y 192 para el inicio de la red de la última milla.

Figura 53

Pigtail



Nota. Adaptado de (Cablix, 2024).

Y se menciona su precio en la tabla 34.

Tabla 34.*Costo Pigtails*

Elemento	Costo	Unidades	Sub Total
Pigtail	\$ 0.9	207	\$ 186.3
TOTAL			\$ 186.3

Nota. Los costos han sido dados por el proveedor de la empresa Telenlaces.

5.1.11. Patch Core

Estos funcionan como unión entre dos partes en el diseño de la red, en este caso será entre la OLT y el ODF, por ello, se deben usar 3 para la parte de la OLT-ODF.

En este escenario, se requieren 3 Patch Cores, se deben utilizar del tipo SC/APC, para lo cual se puede emplear el CABLIX PATCHCORD SC/APC - SC/APC OP9-06 20SA SIMPLEX 2METROS/2,0mm.

Figura 54*Patch Core SC-APC*

Nota. Adaptado de (Cablix, 2024).

Se continúa mencionando su precio y se lo encuentra en la tabla 35.

Tabla 35.

Costo PatchCore

Elemento	Costo	Unidades	Sub Total
Patch Core	\$ 1.65	3	\$ 4.95
SC-APC			
TOTAL			\$ 4.95

Nota. Los costos han sido dados por el proveedor de la empresa Telenlaces.

5.1.12. Tubos de fusión

Los tubos de fusión desempeñan un papel fundamental al proporcionar soporte a las fusiones de hilos de fibra óptica en la red. Dada la diversidad de situaciones que requieren fusiones en la red, se utilizan distintos tamaños de tubos. Los tubos más largos se destinan a fusionar los hilos de fibra. En este contexto, se ha seleccionado el modelo CABLIX TUBILLO DE FUSION OPS-21-6002 PAQUETE 100 UNID - 60MM.

Figura 55

Tubillos de fusión



Nota. Adaptado de (Cablix, 2024).

A continuación, se presenta la tabla 36 con los detalles correspondientes:

Tabla 36.

Especificaciones Tubillos de Fusión

Parámetro	Especificación
Temperatura de funcionamiento	-45 grados – 125 grados
Temperatura de contracción	120 grados
Ratio de contracción longitudinal	$\leq \pm 8\%$
Ventajas	Resistente al agua

Dimensión	60mmX 2.0mm
Unidades	100

Nota. Adaptado de (Cablix, 2024).

Una vez se conoce las especificaciones de los tubillos de fusión, es importante mencionar su precio y se lo encuentra en la tabla 37.

Tabla 37.

Costo Tubos de fusión

Elemento	Costo	Fundas	Sub Total
100 tubillos de fusión de Cablix	\$ 2.25	2	\$ 4.50
TOTAL			\$ 4.50

Nota. Los costos han sido dados por el proveedor de la empresa Telenlaces.

5.2.Ingresos del proyecto

Los ingresos representan la corriente financiera derivada de la implementación y operación de la red, ya sea a través de servicios de conectividad, tarifas de acceso u otras fuentes relacionadas.

Los ingresos son el flujo financiero que resulta de establecer y operar la red, ya sea mediante la prestación de servicios de conexión, el cobro de tarifas de acceso u otras fuentes afines. Examinar cómo se generan los ingresos ofrecerá una comprensión clara sobre la sostenibilidad financiera del diseño de la red, lo que a su vez facilitará la toma de decisiones estratégicas para

optimizar su rendimiento a largo plazo, en este caso se establecerán ganancias durante un período de 5 años.

Ingresos totales por servicio brindado

Según la investigación realizada, las personas que optarían mayormente por el servicio de internet son aquellas interesadas en el plan de 100 Mbps, dispuestas a abonar aproximadamente \$17. Basándonos en ello, las proyecciones indicarán un aumento gradual de usuarios año tras año hasta alcanzar los 192 abonados para los cuales se diseñó la red. La tabla 38 detalla los ingresos anuales previstos después de la inversión en la red de fibra óptica, considerando que los clientes optan por el plan básico y que la cantidad de clientes aumentará cada año. Además del ingreso anual, que se calcula multiplicando el número de clientes por el valor del plan y los doce meses del año, se debe tener en cuenta que no todos los clientes elegirán el plan básico. Algunos podrían optar por planes más completos, lo cual resulta beneficioso para los cálculos financieros de la empresa.

Según el número de potenciales clientes se realiza el cálculo de los ingresos hasta para 5 años y se lo puede observar en la tabla 38, en la cual se observa el número de los clientes potenciales para cada año, teniendo en cuenta que al año 1 se comenzará con 38 clientes e irá incrementando en un 100% para el segundo año, luego un 50% para el año tres, después un 33.33% para el cuarto año y para el quinto año un 26.32%. Los porcentajes de crecimiento mencionados anteriormente se calculan en función de las estadísticas generadas en las tres parroquias más recientes donde la empresa ha implementado servicios de internet.

Tabla 38*Ingresos de servicio prestado*

Tiempo	Clientes potenciales	Valor del plan	Ingreso Anual
Año 1	38	\$ 17	\$ 7752
Año 2	76	\$ 17	\$ 15504
Año 3	114	\$ 17	\$ 23256
Año 4	152	\$ 17	\$ 31008
Año 5	192	\$ 17	\$ 39168
TOTAL			\$ 116688

Nota. Los ingresos se han llevado a cabo únicamente con los potenciales clientes, los cuales puede ir aumentando en el transcurso de los 5 años.

Estos datos reflejan el aumento proporcional en la base de clientes durante los años correspondientes, brindando una perspectiva sobre la expansión y la aceptación de los servicios de la empresa en esas áreas específicas.

Ingresos totales por instalación

Posterior al cálculo de los ingresos generados por la prestación de servicios, es necesario abordar los ingresos derivados de la instalación del servicio. Aunque la empresa no cobra por la instalación en sí, se establece un contrato de permanencia con el cliente, con una duración mínima de 2 años. En caso de rescindir el contrato antes de dicho período, el cliente está sujeto a un cargo de \$ 100 como penalización por incumplimiento.

5.3.Egresos del proyecto

Egresos totales de equipos activos

Los elementos activos de la red incluyen los dispositivos terminales, específicamente la OLT y la ONU, cuyos precios se encuentran detallados en la tabla 39.

Tabla 39

Egresos de equipos activos

Equipo	Marca	Modelo	Cantidad	Precio unitario	Precio Total
Carrier Class Serie					
OLT	Huawei OLT	SmartAX EA5800 X2	1	\$ 4555.50	\$ 4555.50
AC-DC					
ONU	Huawei	EG8120L	104	\$ 14.50	\$ 1508
TOTAL					\$ 6063.5

Nota. Los precios han sido dados desde la empresa, con proveedores que ellos trabajan (Telenlaces S.A., 2023).

Egresos totales de equipos pasivos

Al igual que se hizo con los activos, es necesario tener en consideración estos componentes pasivos para determinar el gasto total que la empresa deberá invertir, como se refleja en la tabla 40.

Tabla 40*Egresos de equipos pasivos*

Equipo	Precio total
ODF	\$ 24
NAPs Nivel I	\$ 81.75
NAPs Nivel II	\$ 479
Conector mecánico UPC	\$ 238.08
Cable Fibra Red Troncal	\$ 469
Cable Fibra Red Distribución	\$ 2630
Cable Fibra Red Última Milla	\$ 1500
Pigtails	\$ 186.3
Patch Core	\$ 4.95
Tubos de Fusión	\$ 4.5
TOTAL	\$ 5617.58

Nota. El valor de los egresos de equipos pasivos es en relación con la sección 5.1 (Telenlaces S.A., 2023).

Egresos totales de personal operativo

El personal operativo de la empresa incluye a los siguientes trabajadores como los técnicos de instalación, y para el despliegue de la red será necesaria la ayuda de 2 técnicos. En la tabla 41 se presenta el valor del trabajo requerido por los técnicos:

Tabla 41

Egresos de personal operativo

Personal operativo	Pago mensual	Total (1 año)	Total (5 años)
Técnico 1	\$ 483	\$ 5796	\$ 28980
Técnico 2	\$ 483	\$ 5796	\$ 28980
TOTAL		\$ 11592	\$ 57960

Nota. El valor de los egresos de personal operativo se realizó para un lapso de 5 años (Telenlaces S.A., 2023).

Egresos totales de movilización

La empresa tiene un egreso de \$37.5 semanales para la movilización, en la tabla 42 se puede observar los egresos anuales:

Tabla 42

Egresos de movilización

Costo semanal	Costo mensual	Costo anual	Total (5 años)
\$ 37.5	\$ 150	\$ 1800	\$ 9000

Nota. La tabla de movilización se realizó para un lapso de 5 años (Telenlaces S.A., 2023).

Egresos totales en mantenimientos

Según la Consultora Frost & Sullivan (2018) en su informe acerca del "Pronóstico del Mercado de Telecomunicaciones en América Latina" el gasto medio en mantenimiento para las empresas de telecomunicaciones en América Latina equivale aproximadamente al 10% de sus ingresos anuales. No obstante, este porcentaje puede oscilar entre el 5% y el 20%, dependiendo del tamaño de la empresa, la complejidad de su infraestructura de red y la tecnología empleada.

La empresa Telenlaces informó que el costo del mantenimiento en su compañía equivale al 5%, y estableció que su ingreso anual es de \$11681.08, por lo que el 5% de este valor es igual a \$584,05 como se indica en la tabla 43.

Tabla 43

Egresos de mantenimiento

Costo anual	Período	Total
\$ 584,05	5 años	\$ 2920.25

Nota. La tabla se realizó para el mantenimiento de la red para un lapso de 5 años (Telenlaces S.A., 2023).

Total de Egresos

Los egresos del proyecto se ven reflejados en el valor que representará toda la inversión de este. El costo total de todos los equipos, tanto activos como pasivos, debe considerarse como una inversión única que se representa una sola vez al inicio del proyecto. En la tabla 44 se presenta los valores de los egresos para cada año, y se tiene en cuenta que para los egresos del personal para el año 0 no se colocará el sueldo anual de los 2 técnicos debido a que el despliegue de la red se lo

realizará en un máximo de 1 semana, por lo que, se colocará el valor del sueldo para los 7 días, siendo este de \$ 225.4 por los 2 técnicos. Igualmente, para el egreso de movilización en el año 0, el valor que se tomará es el semanal, siendo este de \$ 37.5.

Tabla 44

Egresos totales

Año	Egresos					Total
	Equipos activos	Equipos pasivos	Personal operativo	Movilización	Mantenimiento	
0	\$ 11681.08		\$ 225.4	\$ 37.5	\$ 0	\$ 11943.98
1	0	0	\$ 11592	\$ 1800	\$ 584,05	\$ 13976.05
2	0	0	\$ 11592	\$ 1800	\$ 584,05	\$ 13976.05
3	0	0	\$ 11592	\$ 1800	\$ 584,05	\$ 13976.05
4	0	0	\$ 11592	\$ 1800	\$ 584,05	\$ 13976.05
5	0	0	\$ 11592	\$ 1800	\$ 584,05	\$ 13976.05
TOTAL						\$ 94953.33

Nota. Se recopiló toda la información de las tablas de egresos para un lapso de 5 años

5.4.Flujo de caja

Después de haber calculado tanto los egresos como los ingresos totales de este proyecto, se avanza hacia la determinación del flujo de efectivo. Este proceso es importante para evaluar las potenciales ganancias asociadas con el diseño de red. La información detallada se presenta en la tabla 45, que muestran los ingresos y egresos totales acumulados de las tablas 38 y 44 respectivamente, esto durante un periodo de 5 años.

Tabla 45

Flujo de Caja

Año	Egreso	Ingreso	Flujo de Caja
0	\$ 11943.98	0	- \$ 11943.98
1	\$ 13976.05	\$ 7752	- \$ 6224.05
2	\$ 13976.05	\$ 15504	\$ 1527.95
3	\$ 13976.05	\$ 23256	\$ 9279.95
4	\$ 13976.05	\$ 31008	\$ 17031.95
5	\$ 13976.05	\$ 39168	\$ 25191.95

Nota. Se recopiló toda la información de las tablas de egresos e ingresos para un lapso de 5 años

Con los datos de la tabla 45 es importante mencionar el tema del PRI (Período de Recuperación de la Inversión) el cual hace referencia al lapso necesario para que la empresa recupere la cantidad inicial invertida en el proyecto. Se ha utilizado una calculadora online para determinar el valor de este período ingresando los valores del flujo de cada y como se puede observar en la figura 56 se encuentra el flujo de efectivo acumulado para cada año

Figura 56*Flujos de efectivo acumulados*

Período	Flujo de caja	Flujos de efectivo acumulados
0	-11943.98	-11943.98
1	-6224.05	-18168.03
2	1527.95	-16640.08
3	9279.95	-7360.13
4	17031.95	9671.82
5	25191.95	34863.77

Nota. Adaptado de (Mathcracker, 2024).

Y con estos datos se puede determinar el PRI utilizando la ecuación 29.

$$PRI = a + \frac{|b|}{c} \quad (\text{Ec. 29})$$

Dado que,

a = Período del último flujo negativo

b = Valor absoluto del último flujo negativo acumulado

c = Valor de flujo de caja del siguiente período al último negativo

Y al realizar los cálculos se obtiene el valor del PRI en la ecuación 30:

$$PRI = a + \frac{|b|}{c} = 3 + \frac{|-7360.13|}{17031.95} = 3.43 \text{ años} \quad (\text{Ec. 30})$$

Se nota que los flujos de efectivo acumulados son negativos en el tercer año y positivos en el cuarto año, lo que indica que el periodo de recuperación de la inversión cae entre estos dos años.

Al calcular la ecuación X, se obtiene un período de recuperación de la inversión de 3.43 años, y al

redondear, se puede concluir que la inversión se recuperará en el cuarto año, cuando se comiencen a obtener ganancias de la inversión realizada.

5.5. Valor Actual Neto (VAN)

El Valor Actual Neto (VAN) se emplea como una herramienta financiera para evaluar proyectos al comparar el valor presente de los flujos de efectivo futuros con la inversión inicial. Para que una inversión resulte rentable, el VAN debe ser positivo, indicando que el valor actual de los flujos de efectivo futuros supera la inversión inicial. En contraste, un VAN negativo señala que el valor presente de los flujos de efectivo futuros es inferior a la inversión inicial.

En la ecuación 31 se presenta el cálculo que se debe realizar para encontrar el VAN:

$$VAN = -I_o + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+k)^t} = -I_o + \frac{F_1}{(1+k)^1} + \frac{F_2}{(1+k)^2} + \dots + \frac{F_n}{(1+k)^n} \quad (\text{Ec. 31})$$

Dado que,

VAN = Valor Actual Neto

F_t = son los flujos de dinero en cada periodo tiempo (t)

I_o = es la inversión realizada en el momento inicial, en tiempo 0 (t=0)

n = es el número de periodos de tiempo

k = es el tipo de descuento o tipo de interés exigido a la inversión

En relación con el valor de k, la empresa no buscará financiamiento mediante préstamos, ya que dispone de los recursos necesarios para llevar a cabo la inversión del proyecto. Conociendo

esta referencia el valor de k será el costo de capital propio de la empresa el cual es del 10%. Conociendo todos los valores de la ecuación 31, se procede a realizar el cálculo de VAN para el diseño de la red, y su valor está expresado en la ecuación 32:

$$VAN = -I_o + \frac{F_1}{(1+k)^1} + \frac{F_2}{(1+k)^2} + \frac{F_3}{(1+k)^3} + \frac{F_4}{(1+k)^4} + \frac{F_5}{(1+k)^5}$$

$$VAN = -11943.98 + \frac{-6224.05}{(1+0.1)^1} + \frac{1527.95}{(1+0.1)^2} + \frac{9279.95}{(1+0.1)^3} + \frac{17031.95}{(1+0.1)^4} + \frac{25191.95}{(1+0.1)^5}$$

$$VAN = 17907.99 \quad \text{(Ec. 32)}$$

Cuando el Valor Actual Neto (VAN) es superior a cero, esto implica que el proyecto exhibe un desempeño financiero positivo. Este resultado sugiere que los flujos de efectivo generados por el proyecto, considerando un descuento apropiado, son lo suficientemente robustos como para recuperar la inversión inicial y generar un rendimiento adicional. En términos sencillos, la viabilidad económica del proyecto se confirma, indicando la posibilidad de obtener ganancias.

5.6. Tasa Interna de Retorno (TIR)

Se recomienda la utilización tanto de la TIR como de la VAN en un análisis financiero. La TIR ofrece una métrica de la rentabilidad de una inversión expresada en porcentaje, mientras que la VAN brinda una medición de la rentabilidad en términos monetarios. La ecuación 33 representa el cálculo que se debería realizar para conocer el valor de la TIR, el cual se debe igual el VAN a cero.

$$VAN = -I_o + \frac{F_1}{(1+k)^1} + \frac{F_2}{(1+k)^2} + \frac{F_3}{(1+k)^3} + \frac{F_4}{(1+k)^4} + \frac{F_5}{(1+k)^5}$$

$$0 = -I_o + \frac{F_1}{(1+k)^1} + \frac{F_2}{(1+k)^2} + \frac{F_3}{(1+k)^3} + \frac{F_4}{(1+k)^4} + \frac{F_5}{(1+k)^5} \quad \text{(Ec. 33)}$$

La resolución analítica de la ecuación de la TIR para obtener el valor de k en la ecuación de VAN es posible, aunque esta ecuación es complicada y demanda el empleo de funciones matemáticas avanzadas. En la mayoría de las situaciones, resulta más práctico recurrir a un método iterativo para calcular la TIR, como calculadoras online (Castillo, 2016).

Por lo comentado anteriormente se ha hecho uso de la calculadora online de Gabilos, la cual permite conocer el valor de la TIR, al introducir los valores del flujo de caja y la inversión inicial, como se observa en la figura 57.

Figura 57

Valores ingresados en calculadora online Gabilos

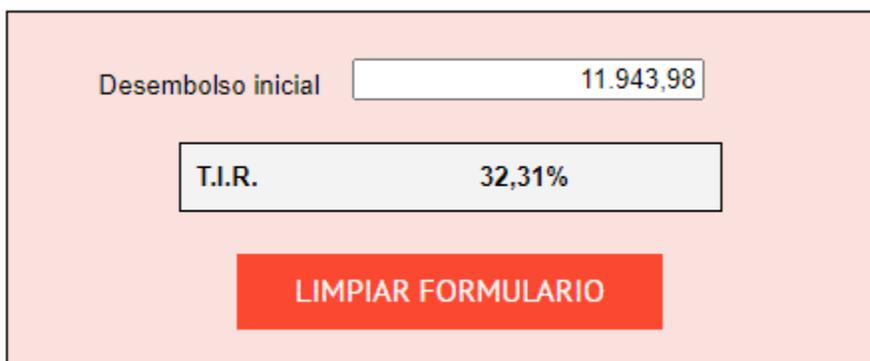
Introducir los cobros y pagos (si los hay) que genera la inversión			
Año	Cobros	Pagos	Flujos de caja (cobros-pagos)
0			-11.943,98
1	7.752,0	13.976,1	-6.224,10
2	15.504,0	13.976,1	1.527,90
3	23.256,0	13.976,1	9.279,90
4	31.008,0	13.976,1	17.031,90
5	39.168,0	13.976,1	25.191,90

Nota. Adaptado de (Gabilos, 2024).

En la Figura 58, se presenta la inversión inicial seguida de la Tasa Interna de Retorno (TIR), la cual ha sido calculada utilizando los datos de los flujos de caja y se sitúa en un porcentaje del 32.31%.

Figura 58

Valor de la Tasa Interna de Retorno en calculadora online Gabilos



Desembolso inicial	11.943,98
T.I.R.	32,31%

LIMPIAR FORMULARIO

Nota. Adaptado de (Gabilos, 2024).

Dado que la Tasa Interna de Retorno (TIR) tiene como finalidad indicar el rendimiento de la inversión de manera comparable a una tasa de interés expresada en porcentaje, se lleva a cabo una comparación entre el porcentaje de la TIR obtenido y el porcentaje de interés utilizado en el cálculo del Valor Actual Neto (VAN).

El porcentaje de interés con el que se calculó el Valor Actual Neto fue del 10% y el valor de la TIR fue de 32.31%. En este escenario, si la Tasa Interna de Retorno (TIR) supera la tasa de interés, indica que el proyecto demuestra un rendimiento sólido y se presenta como una oportunidad de inversión favorable. De manera más sencilla, la inversión en el proyecto se considera más lucrativa que la tasa de rendimiento necesaria para respaldar la decisión de invertir en él.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

Al finalizar el proyecto, se puede concluir que, para iniciar la implementación del diseño de la red propuesto para la empresa Telenlaces Sistemas y Telecomunicaciones S.A., se llevó a cabo un análisis exhaustivo de la tecnología GPON. El objetivo fue cumplir con los requisitos técnicos y teóricos detallados en las recomendaciones de la ITU-T G.984.x. Además, se consideró la situación actual de la parroquia rural de Pioter y la situación actual de la empresa. Este estudio permitió seleccionar la trayectoria óptima para la red, asegurando así la capacidad de ofrecer servicios de Internet de calidad a los abonados.

La realización del análisis sobre el servicio de internet actual en la Parroquia de Pioter, a través de encuestas a los residentes, ha ofrecido una comprensión clara y detallada de los desafíos de conectividad que enfrenta la comunidad. Este enfoque, basado en la participación directa de los pobladores, ha demostrado ser esencial para entender las experiencias individuales de los usuarios y las limitaciones generales del servicio de internet. En vista de esta comprensión profunda, se puede concluir que este conocimiento sienta las bases para el diseño de estrategias y soluciones adaptadas a las circunstancias locales, con el propósito de mejorar de manera considerable la experiencia de internet en la Parroquia de Pioter.

La aplicación de este estándar ha servido como un sólido referente para la estructuración de la red, asegurando la conformidad con normativas reconocidas a nivel internacional. Este enfoque meticuloso establece los cimientos para una infraestructura de internet resistente y eficaz que cumplirá con las expectativas de los usuarios en términos de calidad y accesibilidad. El diseño detallado y la consideración de los requisitos específicos de la parroquia son cruciales para

garantizar una implementación exitosa y proporcionar una experiencia de conectividad óptima a la comunidad.

En relación con el análisis técnico-financiero, orientado a respaldar la ejecución futura del proyecto desde perspectivas técnica y financiera para asegurar su éxito a largo plazo, es crucial destacar que, al calcular el Valor Actual Neto (VAN), la importancia recae en un VAN positivo de \$17907.99 y una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 32.31%. Estos indicadores no solo cubren el costo de capital, sino que también aportan valor adicional al conjunto global de la empresa, Telenlaces Sistemas y Telecomunicaciones S.A. Estos factores refuerzan la percepción de que la inversión tiene el potencial de generar beneficios y enriquecer significativamente la valoración total de la empresa y según el Período de Recuperación de la Inversión (PRI) estos beneficios serán desde el cuarto año.

Recomendaciones

Dado que se ha logrado con éxito establecer los requisitos y diseñar la red de internet para la parroquia, siguiendo las normas del estándar ITU-T G.984.x, para brindar conexión a los residentes, se recomienda mantenerse actualizados y hacer mejoras constantes. También, es recomendable obtener directamente la opinión de los usuarios para saber si están satisfechos y descubrir áreas en las que se pueda mejorar. Al centrarse en lo que los usuarios necesitan, se puede ajustar y asegurar una buena conexión y una experiencia positiva para la comunidad.

Basándonos en el análisis de la tecnología GPON, la arquitectura FTTH y los estándares correspondientes, es crucial mantener un seguimiento constante de las tendencias tecnológicas emergentes. Se recomienda explorar continuamente nuevas oportunidades tecnológicas que

puedan fortalecer la infraestructura de red y contribuir al desarrollo sostenible de la parroquia Pioter.

Al apoyarse en el análisis técnico-financiero y reconociendo la relevancia de respaldar la implementación futura del proyecto desde perspectivas técnica y financiera para asegurar su éxito a largo plazo, se recomienda dirigir la atención hacia la supervisión continua de los indicadores financieros fundamentales y que haya un monitoreo activo del Valor Actual Neto, la Tasa Interna de Retorno y otros aspectos financieros esenciales para evaluar el estado financiero del proyecto.

Se recomienda considerar de la posibilidad de revisar y actualizar de forma regular el estudio de viabilidad técnica y financiera durante la implementación del proyecto. Esto garantizará que las decisiones estén fundamentadas en información actualizada y se adapten a los cambios en las condiciones del entorno empresarial, ya que, mantener una gestión financiera y técnica dinámica, respaldada por un monitoreo constante y un análisis proactivo, contribuirá de manera significativa al éxito continuo y sostenible del proyecto dentro del contexto de Telenlaces Sistemas y Telecomunicaciones S.A.

BIBLIOGRAFÍA

- 4netonline. (2023). *ODF Cablix OPP-0624AW*. <https://www.4netonline.com/ws/product/opp-0624aw-fiber-optic-patch-panel/>
- Abreu, M., Castagna, A., Cristiani, P., Zunino, P., Roldós, E., & Sandler, G. (2009). *CARACTERÍSTICAS GENERALES DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA AL HOGAR (FTTH)*. 7.
- Adhi, M. A. K., Rafdi, E. A., Halimsurya, E., Imran, M. E., Hutasuhut, M. A., Putra, A. R., & Apriono, C. (2021). Design of Fiber to the Home (FTTH) for Urban Housing of Griya Mukti Residence. *Proceedings - IEIT 2021: 1st International Conference on Electrical and Information Technology*, 257-262. <https://doi.org/10.1109/IEIT53149.2021.9587339>
- Aguilar-Barojas, S. (2005). Fórmulas para el cálculo de la muestra en investigaciones de salud. *Salud en Tabasco*, 11, 333-338. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=48711206>
- ARCOTEL. (2017). Norma Técnica para el Ordenamiento, Despliegue y Tendido de Redes Físicas Aéreas de Servicios del Régimen General de Telecomunicaciones y Redes Privadas (ARCOTEL-2017-0584). *Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones*. <https://www.aeprovi.org.ec/index.php/es/recursos/zona-de-descarga?task=download.send&id=238&catid=5&m=0>
- ARCOTEL. (2020). *PEI_ARCOTEL_2021-2025_*. https://www.arcotel.gob.ec/wp-content/uploads/2022/04/PEI_ARCOTEL_2021-2025_.pdf
- Cablix. (2024). *Lista de precios de equipos para la red - Marca Cablix*. <https://www.cablix.com/ws/wp-content/uploads/2020/03/OTB-0648AOHDK-1-2.pdf>

Castillo, C. (2016, diciembre 6). *Cálculo Manual de la TIR*.

<https://www.cesarcastillolopez.com/2016/12/calculo-manual-de-la-tir.html>

Castro Ramírez, N. R. L. J. A. (2016). *Estudio de las aplicaciones de las redes PON*.

<https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/24885/RuizLeonJorgeAndres2016.pdf?sequence=1&isAllowed=n>

Cerecedo, H., Sánchez, A., & Padilla, P. (2009). Revision y análisis experimental de modos LPnm en fibras ópticas. *Revista mexicana de física*.

Consultora Frost & Sullivan. (2018, marzo 27). *Latin America Telecoms Market Forecast 2023-2027*. <https://store.frost.com/latin-american-data-communications-services-market-forecasts-to-2023.html#section6>

Fiber Optic Co.Limited. (2019, mayo 15). *Bandas de longitudes de onda de fibra óptica y ventanas de transmisión óptica*. <https://www.fibresplitter.com/news/fiber-optic-wavelengths-bands-and-optical-tran-24248520.html>

Gabilos. (2024). *Calculadora online Gabilos*.

https://www.gabilos.com/calculadoras/van_tir/calculotir.htm

GAD Tulcán. (2020). *Plan de Uso y Gestión de Suelo. Administración 2019-2023*.

<http://www.gmtulcan.gob.ec/municipio/pdot-pugs/pdf/PUGS/9.%20Pioter.pdf>

GADMT. (2020). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Cantón Tulcán 2020-2023*.

GADPR Pioter. (2019). *ACTUALIZACIÓN PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL “PDYOT” GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO*

PARROQUIAL RURAL DE PIOTER, CANTÓN TULCÁN, PROVINCIA DEL CARCHI. 1-192. <http://www.gadpioter.gob.ec/wp-content/uploads/2021/02/ACTUALIZACION%20N-PDyOT-2019-2023-GAD-PIOTER.pdf>

García, E. (2007). *Procesos y Medios de Comunicación: La Luz, Naturaleza y Propagación.*
<http://www.preparadoresdeoposiciones.com>

Grupo Consultor ACME. (2015). *ACTUALIZACIÓN DEL PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL DE LA PARROQUIA PIOTER.*

Herrizaingo, S. (2015). Tendido de cable de fibra óptica para la red de telecomunicaciones del departamento de interior. *ANEXO 2 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA LA INSTALACIÓN DE CABLE DE FIBRA ÓPTICA.*
https://www.contratacion.euskadi.eus/webkpe00-kpeperfi/es/contenidos/anuncio_contratacion/expjaso945/es_doc/adjuntos/pliego_bases_tecnicas3.pdf

ITU-T. (2008a). *ITU-T Rec. G.984.1 (03/2008) Gigabit-capable passive optical networks (GPON): General characteristics.*

ITU-T. (2008b). *ITU-T Rec. G.984.4 (02/2008) Gigabit-capable Passive Optical Networks (GPON): ONT management and control interface specification.*

ITU-T. (2008c). *ITU-T Rec. G.984.6 (03/2008) Gigabit-capable passive optical networks (GPON): Reach extension.*

ITU-T. (2010). *ITU-T Rec. G.984.7 (07/2010) Gigabit-capable passive optical networks (GPON): Long reach.*

ITU-T. (2014). *ITU-T Rec. G.984.3 (01/2014) Gigabit-capable passive optical networks (GPON): Transmission convergence layer specification.* <http://handle.itu.int/11.1002/1000/11>

ITU-T. (2019). *ITU-T Rec. G.984.2 (08/2019) Gigabit-capable passive optical networks (GPON): Physical media dependent (PMD) layer specification.*
<http://handle.itu.int/11.1002/1000/11>

ITU-T. (2022). *ITU-T Rec. G.984.5 (02/2022) Gigabit-capable passive optical networks (GPON): Enhancement band.* <http://handle.itu.int/11.1002/1000/11>

ITU-T Rec. G.671. (2019). *ITU-T SERIES G: TRANSMISSION SYSTEMS AND MEDIA, DIGITAL SYSTEMS AND NETWORKS Transmission media and optical systems characteristics-Characteristics of optical components and subsystems.*
<http://handle.itu.int/11.1002/1000/11>

ITU-T Rec.G.652. (2016). *ITU-T Characteristics of a single-mode optical fibre and cable.*
<http://handle.itu.int/11.1002/1000/11>

ITU-T Rec.G.657. (2016). *ITU-T Characteristics of a bending-loss insensitive single-mode optical fibre and cable.* <http://handle.itu.int/11.1002/1000/11>

Jirachariyakool, R., Sra-ium, N., & Lerkvaranyu, S. (2017). *Design and Implement of GPON-FTTH network for residential condominium.* Institute of Electrical and Electronics Engineers.

- Kamath, P. (2017, septiembre 21). *Components and Architecture of GPON FTTH Access Network*. <https://www.linkedin.com/pulse/components-architecture-gpon-ftth-access-network-kamath-patricia->
- Kennedy, J. (2021, diciembre 22). *Las ventajas y desventajas de la fibra óptica | Comunidad FS*. <https://community.fs.com/blog/the-advantages-and-disadvantages-of-optical-fibers.html>
- López, C. (2019, enero 1). *Difracción de ondas: el principio de Huygens*. <https://culturacientifica.com/2019/01/01/difraccion-de-ondas-el-principio-de-huygens/>
- Millán, R. (2007). *QUÉ ES GPON (Gigabit Passive Optical Network)*. www.fsanweb.org],
- Millán, R. J. (2010). *Tecnologías de banda ancha por fibra óptica*. www.ramonmillan.com
- Morph Wifi S.A. (2023). *Huawei OLT Carrier Class Serie SmartAX EA5800 X2 AC-DC , 1 tarjeta de 16 puertos expandible a 32*. <https://morphwifi.com/producto/huawei/olt/hsmartaxea5800x2acdc1t/>
- Muñoz, J. A. (2017). *Planificación y Administración de Redes*. <https://planificacionadministracionredes.readthedocs.io/es/latest/Tema02/Teoria.html>
- Notario, P. (2010, junio 7). *Empalmes mecánicos para cables de fibras ópticas*. <https://www.conelectronica.com/fibra-optica/cables-de-fibra-optica/empalmes-mecanicos-para-cables-de-fibras-opticas>
- Photonics. (2020). *Fiber Optics: Understanding the Basics | Fiber Optics & Communications | Photonics Handbook | Photonics Marketplace*. https://www.photonics.com/Articles/Fiber_Optics_Understanding_the_Basics/a25151

QuestionPro. (2023). *Calculadora de tamaño de muestras para tu investigación*.

https://www.questionpro.com/es/calculadora-de-muestra.html#consejos_calcular_muestra

Quisnancela, E., & Espinosa, N. (2016, diciembre). *Certificación de redes GPON, normativa*

ITU G.984.x. <https://doi.org/https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v7n4.111>

Telenlaces S.A. (2021). *Telenlaces s.a. Tulcán - Ecuador*. <https://www.telenlaces.net/>

Telpro Madrid. (2021, noviembre 7). *Fibra óptica y las Pérdidas de la Fibra Óptica*.

https://telpromadrid.eu/fibra-optica/#Perdidas_de_la_fibra_optica_por_absorcion

The Fiber Optic Association, I. (2021). *Cable de fibra óptica* .

<https://www.thefoa.org/ESP/Cable.htm>

Vargas, I. A. (2014). *Sistemas de fibra óptica* (Número Prenti Hall). www.icatron.org

XPONSHOP. (2022). *Huawei EG8120L ONT*. <https://xponshop.com/products/huawei-eg8120l>

ANEXOS

Anexo A: Formato de encuesta realizada



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

**Encuesta Dirigida a los Residentes de los Barrios de la Parroquia de Pioter con respecto a
la Situación Actual de Conectividad a Internet**

Los datos recolectados mediante la encuesta tienen el objetivo de servir de información para la investigación de un proyecto de titulación, el cual es la “Ampliación de Red De Fibra Óptica FTTH con la Tecnología GPON de la Empresa Telenlaces Sistemas Y Telecomunicaciones S.A. para brindar Servicio de Internet en el Sector de la Parroquia Pioter”

La presente encuesta es anónima, consta de 10 preguntas, las cuales están diseñadas para obtener información valiosa sobre la aceptación de los usuarios, la percepción de los costos, la calidad del servicio y la eficiencia en la reparación de fallos en relación el servicio de internet.

Instrucciones: Por favor marque con una **X** su respuesta

1. ¿Actualmente cuenta con servicio de Internet en su hogar?

- Sí
- No

2. ¿Cuál es el ancho de banda contratado en su plan actual de internet?

- a. 5-10 Mbps
- b. 15-20 Mbps
- c. 25-30 Mbps
- d. 35-45 Mbps

- e. Más de 50 Mbps _____
- 3. ¿Cuál es el costo de su plan actual contratado?**
- 10-15 dólares _____
 - 16-20 dólares _____
 - 21-25 dólares _____
 - Más de 25 dólares _____

- 4. En una escala del 1 – 5, considerando que 5 es bastante satisfecho y 1 es no satisfecho. ¿Está conforme con la velocidad y estabilidad de su conexión actual de Internet?**

Nivel de Satisfacción				
1	2	3	4	5

- 5. ¿Cómo calificaría la calidad del servicio de su proveedor actual de Internet? En una escala del 1 – 5, considerando que 5 es bastante satisfecho y 1 es no satisfecho.**

Nivel de Satisfacción				
1	2	3	4	5

- 6. ¿Ha experimentado interrupciones frecuentes en su servicio de Internet en el último año?**

- a. Sí _____
- b. No _____
- c. No estoy seguro _____

- 7. Si ha experimentado interrupciones, ¿Cuánto tiempo suelen durar?**

- a. Menos de 1 hora _____
- b. Más de 1 hora _____
- c. 24 horas _____
- d. Más de 24 horas _____
- e. No he tenido interrupciones _____

- 8. ¿Estaría usted interesado en una tecnología que permita mejorar su conexión a internet?**

- a. Sí _____
- b. No _____

- 9. ¿Cuál es el costo que estaría dispuesto a pagar por un plan con mejor capacidad de acceso a internet?**

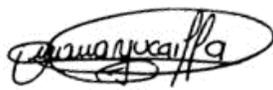
Planes con mejor Capacidad	
Costo	Capacidad
\$ 17	100 Mbps
\$ 20	200 Mbps
\$ 25	300 Mbps
\$ 30	400 Mbps

10. ¿Estaría interesado en explorar una alternativa de servicio de Internet de alta velocidad con un nuevo proveedor?

- a. Sí _____
- b. No _____
- c. No estoy seguro _____

Realizado por: Viviana Yucailla

Fecha: 4 de octubre de 2023



Firma tesista

Revisado y aprobado por: MSC. Fabián Cuzme



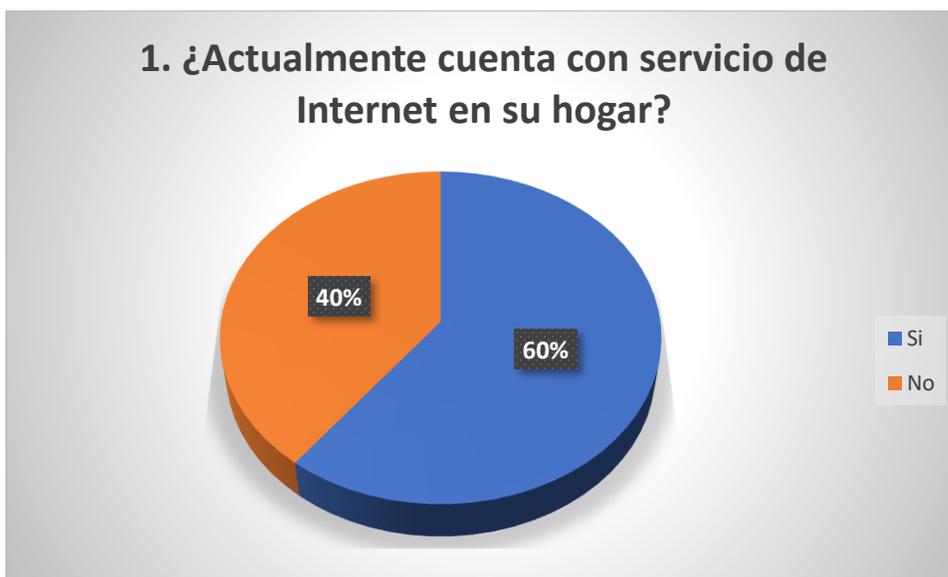
Firma tutor

Anexo B: Tabulación de datos obtenidos

En la Figura X se indica la tabulación de los datos obtenidos en la encuesta realizada a los abonados del servicio de internet para la pregunta #1.

Figura 59

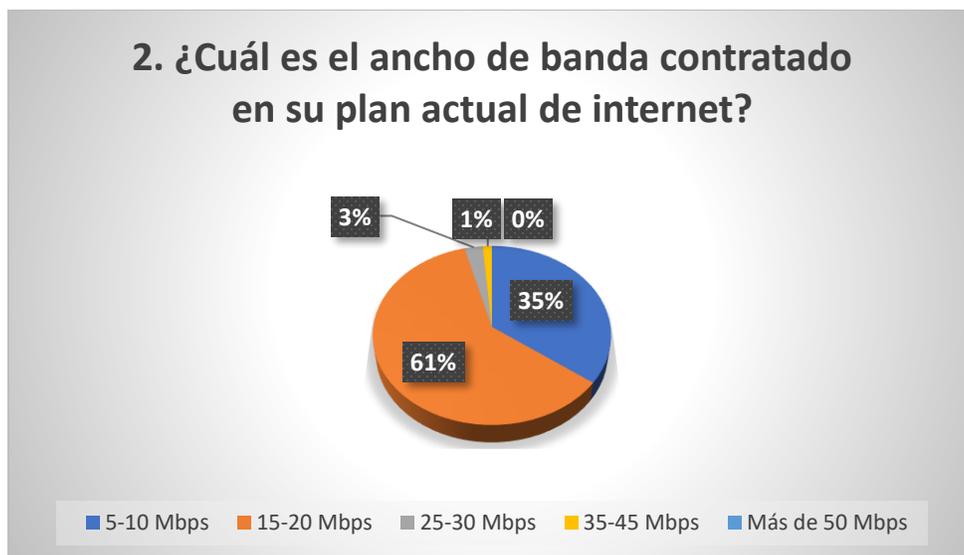
Tabulación de resultados para pregunta 1



En la Figura X se indica la tabulación de los datos obtenidos en la encuesta realizada a los abonados del servicio de internet para la pregunta #2.

Figura 60

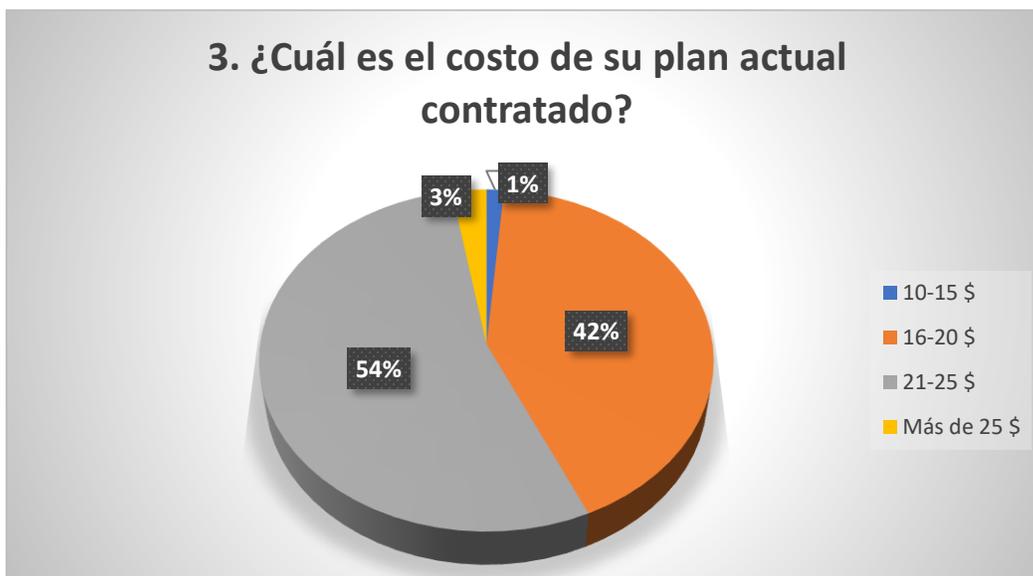
Tabulación de resultados para pregunta 2



En la Figura X se indica la tabulación de los datos obtenidos en la encuesta realizada a los abonados del servicio de internet para la pregunta #3.

Figura 61

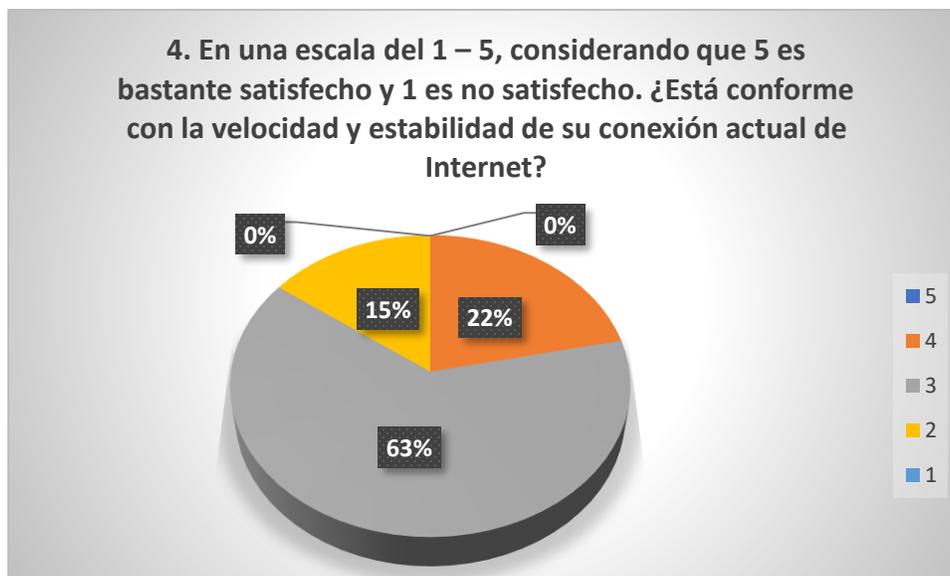
Tabulación de resultados para pregunta 3



En la Figura X se indica la tabulación de los datos obtenidos en la encuesta realizada a los abonados del servicio de internet para la pregunta #4.

Figura 62

Tabulación de resultados para pregunta 4



En la Figura X se indica la tabulación de los datos obtenidos en la encuesta realizada a los abonados del servicio de internet para la pregunta #5.

Figura 63

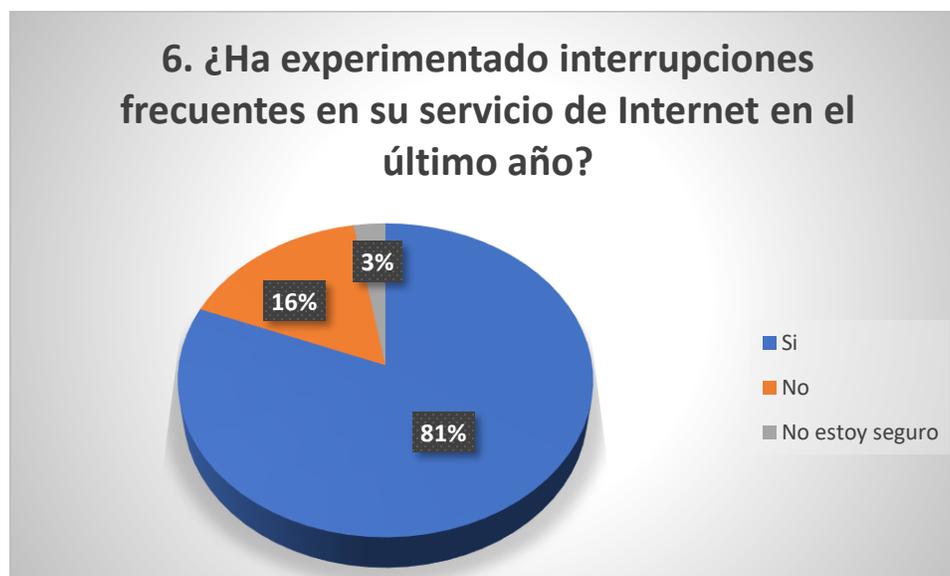
Tabulación de resultados para pregunta 5



En la Figura X se indica la tabulación de los datos obtenidos en la encuesta realizada a los abonados del servicio de internet para la pregunta #6.

Figura 64

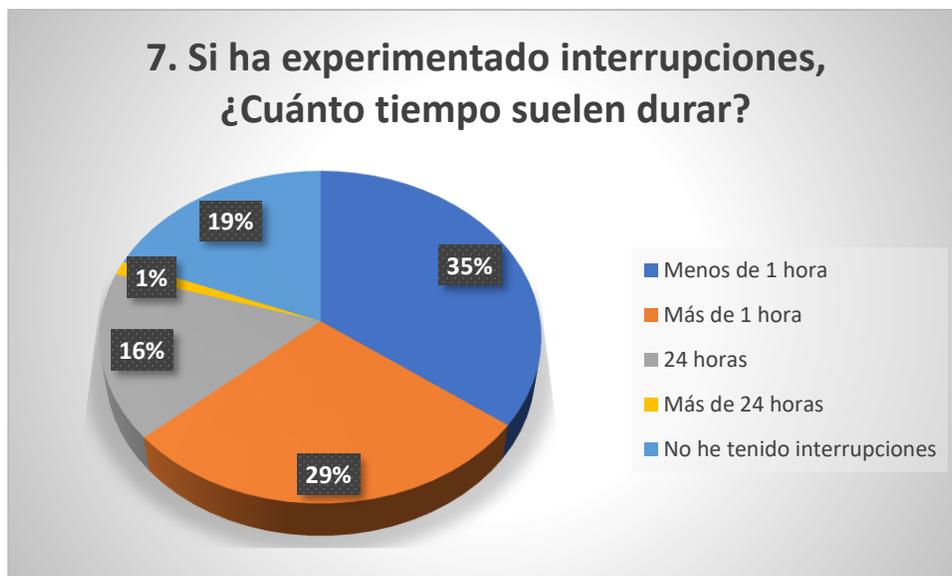
Tabulación de resultados para pregunta 6



En la Figura X se indica la tabulación de los datos obtenidos en la encuesta realizada a los abonados del servicio de internet para la pregunta #7.

Figura 65

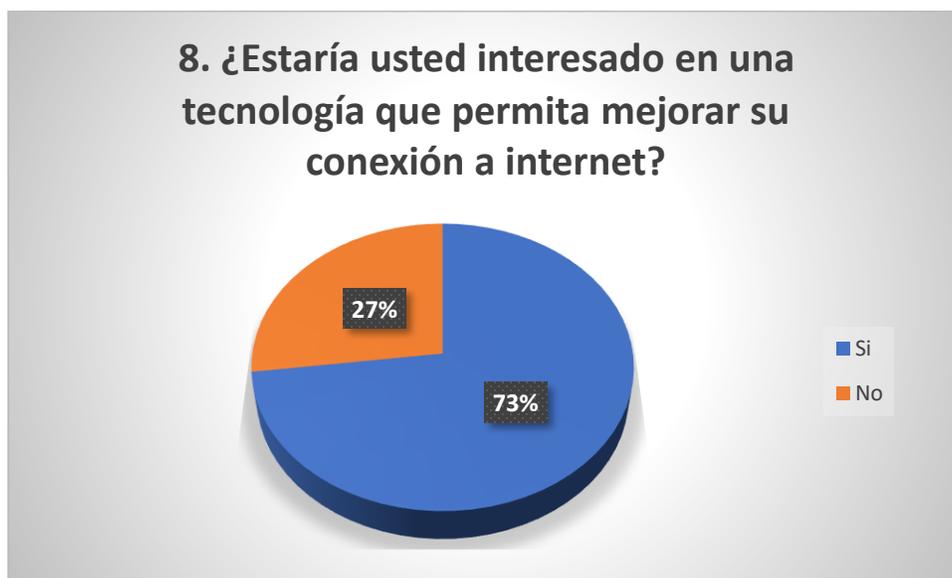
Tabulación de resultados para pregunta 7



En la Figura X se indica la tabulación de los datos obtenidos en la encuesta realizada a los abonados del servicio de internet para la pregunta #8.

Figura 66

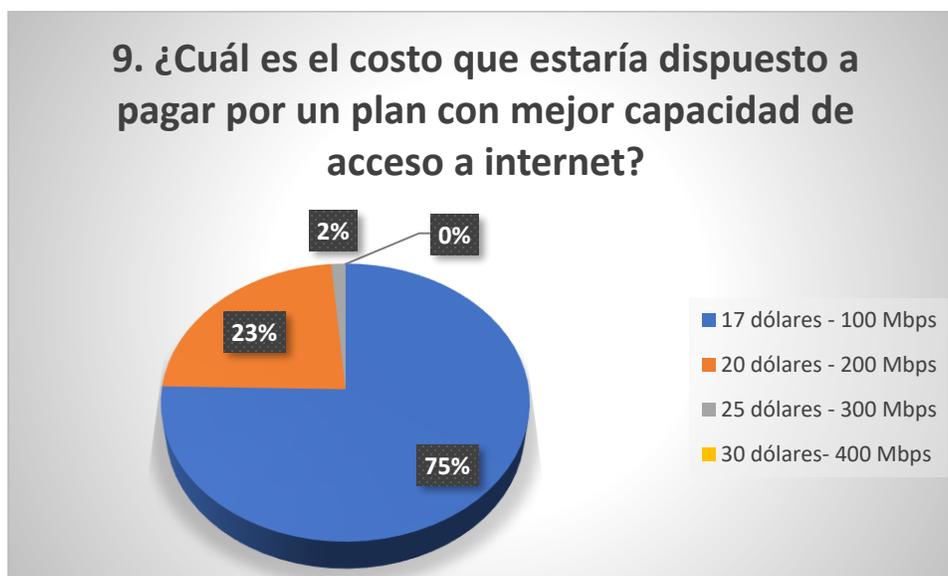
Tabulación de resultados para pregunta 8



En la Figura X se indica la tabulación de los datos obtenidos en la encuesta realizada a los abonados del servicio de internet para la pregunta #9.

Figura 67

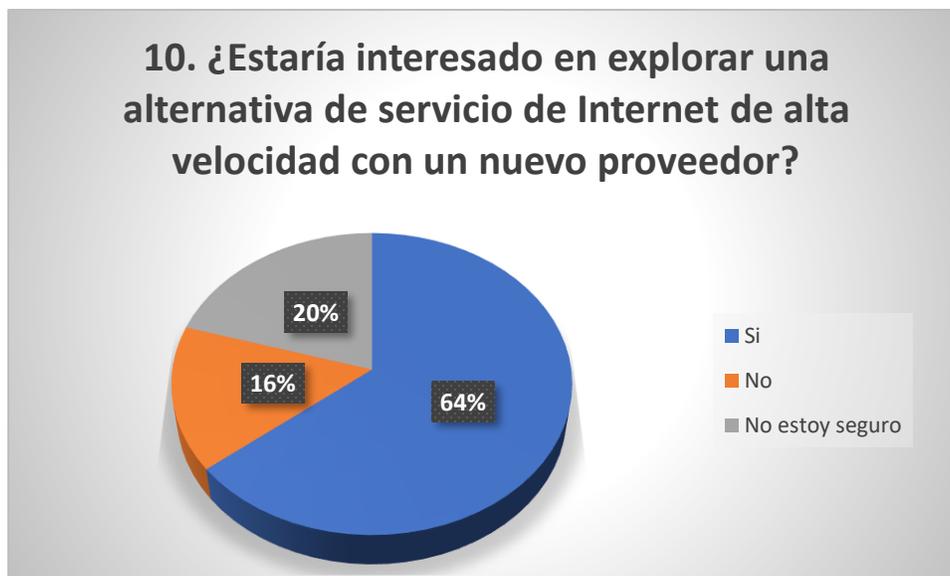
Tabulación de resultados para pregunta 9



En la Figura X se indica la tabulación de los datos obtenidos en la encuesta realizada a los abonados del servicio de internet para la pregunta #10.

Figura 68

Tabulación de resultados para pregunta 10



Anexo C: Fotografías de encuesta realizada en Pioter





Anexo D: Normativa Diseño Arcotel

	INSTRUCTIVO	Instructivo No. 001
	PRESENTACIÓN DE LA INFORMACIÓN GEO REFERENCIADA DE LAS REDES FÍSICAS DE LOS SERVICIOS DEL RÉGIMEN GENERAL DE TELECOMUNICACIONES Y REDES PRIVADAS	Página: 1

**INSTRUCTIVO PARA LA ENTREGA DE LA INFORMACIÓN GEO REFERENCIADA DE
LAS REDES FÍSICAS DE LOS SERVICIOS DEL RÉGIMEN GENERAL DE
TELECOMUNICACIONES Y REDES PRIVADAS**

CONTENIDO

1. OBJETIVO.-	2
2. ALCANCE.-	2
3. MARCO LEGAL.-	2
4. GENERALIDADES.-	2
5. POSEEDORES DE TÍTULOS HABILITANTES SUJETOS A PRESENTACIÓN DE INFORMACIÓN GEO REFERENCIADA.-	3
6. SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICO Y GEO REFERENCIACIÓN.-	3
7. SISTEMA DE COORDENADAS GEOGRÁFICAS PARA EL ECUADOR.....	4
8. REQUISITOS MÍNIMOS DE HARDWARE.-	4
8. PROCEDIMIENTO PARA LA OBTENCIÓN DE LA CARTOGRAFÍA BASE DIGITAL.....	5
9. UTILIZACIÓN DE HERRAMIENTAS DE SOFTWARE PARA GEO REFERENCIACIÓN.....	5
9.1. Capas de Puntos de Enlace:.....	6
9.2. Capa Tramos de Enlace:	9
9.3. Formato de los campos de información:.....	11
10. ENTREGA DE LA INFORMACIÓN.-	11
11. PUNTOS DE CONTACTO.-	12

 Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones	INSTRUCTIVO	Instructivo No. 001
	PRESENTACIÓN DE LA INFORMACIÓN GEO REFERENCIADA DE LAS REDES FÍSICAS DE LOS SERVICIOS DEL RÉGIMEN GENERAL DE TELECOMUNICACIONES Y REDES PRIVADAS	Página: 2

INSTRUCTIVO

PRESENTACIÓN DE LA INFORMACIÓN GEO REFERENCIADA DE LAS REDES FÍSICAS DE LOS SERVICIOS DEL RÉGIMEN GENERAL DE TELECOMUNICACIONES Y REDES PRIVADAS

1. OBJETIVO.-

Establecer una metodología para la entrega de información geo referenciada de las redes físicas de los servicios del régimen general de telecomunicaciones y redes privadas, sean éstas redes de transporte, de troncal, de distribución, de acceso, última milla o acometida, o enlaces para conexiones internacionales.

2. ALCANCE.-

El presente documento deberá ser aplicado y cumplido por los prestadores de servicios del régimen general de telecomunicaciones y redes privadas físicas, detallados en el numeral 5 del presente instrumento.

3. MARCO LEGAL.-

- 1 *NORMA TÉCNICA PARA EL ORDENAMIENTO, DESPLIEGUE Y TENDIDO DE REDES FÍSICAS AÉREAS DE SERVICIOS DEL RÉGIMEN GENERAL DE TELECOMUNICACIONES Y REDES PRIVADAS aprobada con Resolución ARCOTEL-2017-0584 de 23 de junio de 2017 y publicada en el Registro Oficial No. 48 de 01 de agosto de 2017.*
- 2 En el artículo 20 se establece como obligación de los propietarios de redes físicas aéreas que "6) Entregar semestralmente a la ARCOTEL, hasta el día 15 del mes siguiente al del semestre objeto del reporte, un catastro de sus redes físicas incluyendo sus modificaciones, conforme los formatos aprobados por la ARCOTEL"

4. GENERALIDADES.-

La información geo referenciada es necesaria para que el área de regulación y de control de la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones, ARCOTEL, así como el Ministerio Rector de las Telecomunicaciones conozca la infraestructura de redes físicas existentes (de transporte o troncal, distribución, como de acceso, última milla o acometida y enlaces de conexiones internacionales) de los servicios del régimen general de telecomunicaciones y redes privadas en el ámbito nacional, la determinación de zonas

 Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones	INSTRUCTIVO	Instructivo No. 001
	PRESENTACIÓN DE LA INFORMACIÓN GEO REFERENCIADA DE LAS REDES FÍSICAS DE LOS SERVICIOS DEL RÉGIMEN GENERAL DE TELECOMUNICACIONES Y REDES PRIVADAS	Página: 3

cubiertas por el prestador del servicio, análisis de necesidades de expansión y crecimiento de la infraestructura.

El registro, validación y consolidación de la infraestructura del sector, necesaria para el control, regulación y administración de los servicios del régimen general de telecomunicaciones y redes privadas por parte del Estado ecuatoriano y es insumo para la planificación, toma de decisiones y el incremento de redes físicas para masificación de la banda ancha en los sectores menos servidos.

5. POSEEDORES DE TÍTULOS HABILITANTES SUJETOS A PRESENTACIÓN DE INFORMACIÓN GEO REFERENCIADA.-

Los poseedores de títulos habilitantes prestadores de servicios del régimen general de telecomunicaciones y redes privadas que están sujetos a la aplicación del presente instructivo son:

- Prestadores del Servicio de Telefonía Fija Local (STF);
- Prestadores del Servicio Móvil Avanzado (SMA);
- Prestadores del Servicio Portador (SPT);
- Redes Privadas (RP) que posean redes físicas
- Prestadores del Servicio de Transporte Internacional (TI);;
- Prestadores del Servicio de Acceso a Internet (SAI) que posean redes físicas; y,
- Prestadores del servicio de audio y video por suscripción bajo la modalidad de cable físico (AVS).

6. SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICO Y GEO REFERENCIACIÓN.-

Los Sistemas de Información Geográfica –SIG- permiten capturar, almacenar, manipular, analizar y desplegar en todas sus formas la información geográficamente referenciada con la finalidad de obtener resultados para planificar y tomar decisiones aplicables a cualquier rama de la ciencia.

La geo referenciación es el uso de coordenadas de mapa para asignar una ubicación espacial a entidades cartográficas. Todos los elementos de una capa de mapa tienen una ubicación geográfica y una extensión específica que permiten situarlos en la superficie de la Tierra o cerca de ella. La capacidad de localizar de manera precisa las entidades geográficas es fundamental tanto en la representación cartográfica como el Sistema de Información Geográfico SIG.

El Instituto Nacional de Estadísticas y Censos INEC es el organismo técnico que tiene a disposición del ciudadano información pública cartográfica referente a la división política administrativa del país; así como también, información detallada de las áreas amanzanadas (zonas urbanas) y áreas dispersas (zonas rurales) del Ecuador.

	INSTRUCTIVO	Instructivo No. 001
	PRESENTACIÓN DE LA INFORMACIÓN GEO REFERENCIADA DE LAS REDES FÍSICAS DE LOS SERVICIOS DEL RÉGIMEN GENERAL DE TELECOMUNICACIONES Y REDES PRIVADAS	Página: 4

Dicho Instituto cuenta con la cartografía base de áreas amanzanadas y/o dispersas requeridas según la cobertura de sus redes. La información base referente a áreas amanzanadas y áreas dispersas del INEC está representada en el sistema de coordenadas UNIVERSAL TRANSVERSAL MERCATOR (UTM) y utiliza el DATUM WGS_1984 ZONA 17S, por lo que la información que los poseedores de títulos habilitantes, prestadores de servicios, detallados en el numeral anterior, entregarán a la ARCOTEL deberá cumplir con el sistema y datum indicados.

Actualmente en el mercado existen múltiples herramientas de software para sistemas de información geográfico que procesan la información geo espacialmente. Una de estas herramientas es el software licenciado ARCGIS DESKTOP o la aplicación de software libre QUANTUM GIS disponible en el Internet, entre otras aplicaciones.

Según lo expuesto, la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones ha determinado que la información que entreguen los prestadores servicios detallados en la numeral anterior, que desplieguen redes físicas, deberá ser geo referenciada, para lo cual el procesamiento y la generación de los archivos del sistema se la podrá realizar en las aplicaciones de software de información geográfica antes indicadas.

7. SISTEMA DE COORDENADAS GEOGRÁFICAS PARA EL ECUADOR

La información geo referenciada a ser entregada por los prestadores de servicios detallados en la numeral 5 del presente instructivo, debe ser validada dentro de los siguientes límites geográficos:

Ecuador continental:

- latitud norte 1°27'06" / 160454.08 UTM (Y)
- latitud sur 5°0'56" / 9445616.20 UTM (Y)
- longitudes oeste 75°11'49" / 478091.95 UTM (X)
- 81°0'40" / 498768.31 UTM (X)

ZONAS 17 y 18 (M hemisferio sur y N hemisferio norte)

Región Insular (Archipiélago de Galápagos):

- latitud norte 1°40'0" / 184244.57 UTM (Y)
- latitud sur 1°36'0" / 9821168.49 UTM (Y)
- longitudes oeste 89°15'0" / 247810.35 UTM (X)
- 92°01'0" / 609379.80 UTM (X)

ZONAS 15 y 16 (M hemisferio sur y N hemisferio norte)

8. REQUISITOS MÍNIMOS DE HARDWARE.-

	INSTRUCTIVO	Instructivo No. 001
	PRESENTACIÓN DE LA INFORMACIÓN GEO REFERENCIADA DE LAS REDES FÍSICAS DE LOS SERVICIOS DEL RÉGIMEN GENERAL DE TELECOMUNICACIONES Y REDES PRIVADAS	Página: 5

Los prestadores de servicios detallados en la numeral 5 del presente instructivo, podrán considerar las siguientes especificaciones técnicas mínimas para la instalación de las herramientas de software para sistemas de información geográfica, que les permitirá el procesamiento de la información:

Requisitos Hardware Software	Mínimo	Recomendado
Computador PC	Windows XP Pentium Dual Core o Superior con memoria 2 GB RAM o superior	-Windows 7 u 8. Procesador de 32 bits (x36) o 64 bits (x64) o superior. - Memoria RAM de 1 Gigabyte (GB) de 32 bits o Memoria RAM de 2 GB (64 bits) -Espacio disponible en disco rígido de 16 GB (32 bits) o 20 GB (64 bits) -Dispositivo gráfico DirectX 9 con controlador WDDM 1.0 o superior.

8. PROCEDIMIENTO PARA LA OBTENCIÓN DE LA CARTOGRAFÍA BASE DIGITAL.

La Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones subirá a su página web institucional, en el vínculo <http://www.arctel.gob.ec/georeferenciacion-y-soterramiento-de-redes-fisicas-de-telecomunicaciones/> la información referente a las ubicaciones geo referenciadas de los postes y luminarias a nivel nacional, información que será facilitada por el ex Consejo Nacional de Electricidad ex CONELEC, actual ARCONEL, conforme Oficio Nro. ARCONEL-DE-2016-0594-OF de 27 de abril de 2016 *(los prestadores de servicios deberán utilizar esta información en forma obligatoria, independientemente de que las diferentes empresas eléctricas del país hayan actualizado su información de georreferenciación de dichos postes; dicha información se actualizará anualmente en el enlace indicado hasta el 31 de diciembre de cada año).*

La información de postes y luminarias no podrá ser alterada y deberá ser utilizada para ubicación de los puntos y generación de los diagramas de enlaces por tramo, esto es entre puntos.

Para el proceso de georreferenciación se podrá utilizar como referencia la información cartográfica base de zonas amanzanadas y/o dispersas que el operador solicite al Instituto Nacional de Estadísticas y Censos INEC de acuerdo a la cobertura de sus redes; también se podrá utilizar como referencia la información cartográfica disponible en la web para la herramienta ARCGIS MAP u otros.

De igual manera en el mismo link indicado se incluirá tutoriales del procedimiento de geo referenciación detallado en el presente documento.

9. UTILIZACIÓN DE HERRAMIENTAS DE SOFTWARE PARA GEO REFERENCIACIÓN

	INSTRUCTIVO	Instructivo No. 001
	PRESENTACIÓN DE LA INFORMACIÓN GEO REFERENCIADA DE LAS REDES FÍSICAS DE LOS SERVICIOS DEL RÉGIMEN GENERAL DE TELECOMUNICACIONES Y REDES PRIVADAS	Página: 6

Con la información dispuesta en el portal institucional de los postes y luminarias, y con la información que haya sido recibida del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos INEC según lo indicado en el numeral 8 del presente documento, para el procesamiento de la información, el poseedor de títulos habilitantes deberá utilizar herramientas de software para geo referenciación (como por ejemplo el software propietario ARCGIS DESKTOP o QUANTUM GIS, software de distribución libre, etc.); de igual manera en la página web institucional <http://www.arcotel.gob.ec/georeferenciacion-y-soterramiento-de-redes-fisicas-de-telecomunicaciones/>, la ARCOTEL pondrá a disposición tutoriales, un proyecto de mapa (.mxd) y una Geodatabase personal model (.gdb), que indicarán los pasos a seguir para el ingreso de la información en las capas o *layers* según los requerimientos de la ARCOTEL al igual que el presente instructivo y normativa; de igual manera se pondrá a disposición archivos .shp y otros donde se incluirá todos los campos necesarios, conforme se indica a continuación, campos que no podrán ser alterados y que deberán ser incluirlos tal y como se detalla en los siguientes numerales.

Para la creación de los archivos geo referenciados y con la ayuda de los tutoriales indicados, el poseedor de título habilitante, ingresará la información a las capas, *layers*, puntos, líneas en la Geodatabase personal model (en caso de no poder utilizar dicha geodatabase, el poseedor de título habilitante deberá justificarlo ante la ARCOTEL, para poder utilizar los archivos Shapefile .shp y otros indicados) que representarán: nodos, radiobases, headends, sitios de derivación, enlaces físicos, ductos, canales, etc., por medio de transmisión, considerando la referencia de la información de postes provista por la ARCONEL para la ubicación de sus capas según la red del servicio que represente y se graficará georeferenciadamente.

Para la generación de la información, se facilitará una Geodatabase Personal (.gdb) (en caso de no poder utilizar dicha geodatabase, el poseedor de título habilitante deberá justificarlo ante la ARCOTEL, para poder utilizar los archivos Shapefile .shp y otros indicados); para que sea llenada respetando y sin alterar los formatos de campos asignados conforme se detalla a continuación.

Las capas o *layers* en el sistema de información geográfico GIS, deberán graficarse como puntos y líneas. Esta información gráfica de capas o *layers* estará representada por una base de datos que contendrá los siguientes campos:

9.1. Capas de Puntos de Enlace:

Está representada por una capa de puntos. Se considerarán como puntos a todos los dispositivos, elementos de red (equipos activos y pasivos), radiobases, headends, etc., que se encuentren ubicados en los postes, así como los elementos de red que se encuentren en los enlaces y todos los postes del tramo, de forma tal que se pueda distinguir entre los diferentes tipos de puntos de red. Los prestadores de servicios detallados en la numeral 5 de este instructivo, deberán crear una capa de puntos considerando la posición geo referenciada de las capas de postes.

	INSTRUCTIVO	Instructivo No. 001
	PRESENTACIÓN DE LA INFORMACIÓN GEO REFERENCIADA DE LAS REDES FÍSICAS DE LOS SERVICIOS DEL RÉGIMEN GENERAL DE TELECOMUNICACIONES Y REDES PRIVADAS	Página: 7

NOTA: Además de los puntos de red se deberá considerar a cada poste como un punto de enlace (se deberá incluir a las luminarias que a la fecha tengan redes físicas; considerando que conforme la norma técnica vigente no está permitido utilizar estructuras de subtransmisión y transmisión de energía eléctrica, así como tampoco postes ornamentales que sirven exclusivamente para alumbrado público, salvo autorización del propietario de los mismos).

El formato de los puntos para el proyecto .mxd (o en caso de utilizar otro software el proyecto correspondiente al mismo) será el siguiente:

Postes: círculo de color negro con una dimensión de 6 unidades.

Elementos activos: Triángulo de color rojo con una dimensión de 10 unidades.

Elementos pasivos: Círculo de color naranja con una dimensión de 6 unidades.

Radiobases, Headends: cuadrado de color verde con una dimensión de 15 unidades.

- Puntos_enlace
 - tipo_punto
 - poste
 - ▲ elemento activo
 - elemento pasivo
 - headend
 - radiobase

Esta capa contendrá los siguientes campos cuyos formatos no podrán ser alterados o cambiados (ver formatos de campos en el numeral 9.3):

1. cod_punto: Número secuencial del punto de enlace, de "00001" a "nnnnn", el número de caracteres dependerá del número de puntos del operador.
2. prop_poste: En el caso de que el elemento sea un poste Nombre del propietario del poste ya sea si el poste es público o privado (poner el nombre de la empresa eléctrica conforme la información de ARCONEL o el nombre de la operadora conforme el numeral 14 a continuación). Si es otro elemento poner el nombre de la operadora conforme el numeral 14 a continuación.
3. iden_punto: En el caso de que el elemento sea un poste el número de identificación del punto o número de poste con el que el propietario lo identifique (poner el código de la empresa eléctrica conforme la información de ARCONEL o el código de la operadora que le asigne).
4. cod_prov: Código de provincia según lo establecido por el INEC
5. cod_cant: Código de cantón según lo establecido por el INEC
6. cod_parr: Código de parroquia según lo establecido por el INEC
7. provincia: Nombre de la provincia según lo establecido por el INEC
8. canton: Nombre del cantón según lo establecido por el INEC
9. parroquia: Nombre de la parroquia según lo establecido por el INEC

	INSTRUCTIVO	Instructivo No. 001
	PRESENTACIÓN DE LA INFORMACIÓN GEO REFERENCIADA DE LAS REDES FÍSICAS DE LOS SERVICIOS DEL RÉGIMEN GENERAL DE TELECOMUNICACIONES Y REDES PRIVADAS	Página: 8

10. **direccion:** Es la dirección en la zona urbana o rural donde se encuentra el punto de enlace (FORMATO: nombre de calle principal y nombre de calle secundaria si el caso lo requiere, ejemplo: "diego_de_almagro_y_alpallana")
11. **longitud:** Representada en sistema decimal¹
12. **latitud:** Representada en sistema decimal²
13. **operadora:** Es el nombre del prestador de servicios que remite y es propietario de la información
14. **estado:** Representa si es "aereo" o "soterrado"
15. **tipo_servi:** Representa el tipo de servicio legalmente autorizado que la operadora entrega a sus clientes y será el texto indicado en comillas:
- i. Servicio de Acceso a Internet: "sai",
 - ii. Servicio Portador: "spt"
 - iii. Servicio Móvil Avanzado: "sma"
 - iv. Red Privada: "rp"
 - v. Servicio de Telefonía Fija: "stf"
 - vi. Servicio de Audio y Video por suscripción: "avs".
 - vii. Servicio de transporte internacional: "ti"
16. **Tipo_punto:** Escoger el tipo de punto de enlace: "poste", "headend", "radiobase", "elemento_pasivo" o "elemento_activo"
17. **Desc_punto:** Descripción de punto. Escoger: el nombre del punto de red:
1. Para poste poner "herraje";
 2. Para elementos activos, poner: "fuentes_de_poder", "amplificador_de_red_troncal", "amplificador_de_red_distribucion", "nodo_optico", "tap", "multitap", "transmisor_optico", "receptor_optico", "router", "switch", "otro".
 3. Para elementos pasivos poner "caja_de_dispersion", "caja_de_distribucion", "armario_de_distribucion", "manga_de_empalme", "divisor", "acoplador", "splitter", "otro"
18. **Situacion:** Poner: "n" si el punto de enlace es nuevo, "r" si ya está registrado o "b" si es dado de baja

NOTA: Ver la Geodatabase Personal model para ser llenada, donde para la mayor parte de campos, se incluye listas desplegables con los datos que se deberán incluir en forma obligatoria, en los formatos y forma que estén en dichas listas (en caso de no poder utilizar dicha geodatabase, el poseedor de título habilitante deberá justificarlo ante la ARCTEL, para poder utilizar los archivos .shp y otros indicados)

¹ Las coordenadas de longitud deben estar entre las coordenadas indicadas en el numeral 6 del presente informe, para Ecuador continental. FUENTE: INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR; validados desde 1999

² Las coordenadas de latitud deben estar entre las coordenadas indicadas en el numeral 6 del presente informe, para Ecuador. FUENTE: INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR; validados desde 1999

	INSTRUCTIVO	Instructivo No. 001
	PRESENTACIÓN DE LA INFORMACIÓN GEO REFERENCIADA DE LAS REDES FÍSICAS DE LOS SERVICIOS DEL RÉGIMEN GENERAL DE TELECOMUNICACIONES Y REDES PRIVADAS	Página: 9

9.2. Capa Tramos de Enlace:

Está representada por líneas. Se considerarán como líneas a los tramos que resultan de unir la capa de puntos creada y representan los cables y ductos. Si en el mismo tramo de enlace hay diferentes enlaces con diferentes medios de transmisión, se deberá presentar una capa gráfica (Feature Class) por cada medio de transmisión. De igual manera los tramos de enlaces son para redes de transporte o troncal, distribución, acceso o acometida y enlaces de conexiones internacionales. Los tramos de enlace se deberán graficar (representar, cortar) entre cada punto de enlace (postes, radiobases, head end, elementos activos o pasivos).

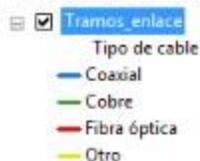
El formato de las líneas para el proyecto .mxd (en caso de no poder generar un archivo .mxd, el poseedor de título habilitante deberá justificarlo ante la ARCOTEL, para poder generar otro tipo de proyecto con la herramienta escogida), será el siguiente:

Fibra óptica: líneas continuas de color rojo con un ancho de 2 unidades.

Cable coaxial: líneas continuas de color azul con un ancho de 2 unidades.

Cable de cobre: (excluyendo el coaxial) líneas continuas de color verde con un ancho de 2 unidades.

Otro tipo de cable: líneas continuas de color amarillo con un ancho de 2 unidades.



Esta capa contendrá los siguientes campos, cuyos formatos no podrán ser alterados o cambiados (ver formatos de campos en numeral 9.3):

1. cod_enlace: Número secuencial del tramo de enlace, de "00001" a "nnnnn", el número de caracteres dependerá del número de enlaces del operador.
2. operadora: Representa el nombre del prestador de servicios que remite y es propietario de la información.
3. cod_prov: Código de provincia según lo establecido por el INEC
4. cod_cant: Código de cantón según lo establecido por el INEC
5. cod_parr: Código de parroquia según lo establecido por el INEC
6. provincia: Nombre de la provincia según lo establecido por el INEC
7. canton: Nombre del cantón según lo establecido por el INEC
8. parroquia: Nombre de la parroquia según lo establecido por el INEC
9. estado: Representa si es aéreo o soterrado
10. num_ducto: Si es soterrado, número de ductos existentes en el tramo considerado.

	INSTRUCTIVO	Instructivo No. 001
	PRESENTACIÓN DE LA INFORMACIÓN GEO REFERENCIADA DE LAS REDES FÍSICAS DE LOS SERVICIOS DEL RÉGIMEN GENERAL DE TELECOMUNICACIONES Y REDES PRIVADAS	Página: 10

11. dim_ducto: Si es soterrado, dimensión de ductos existentes en el tramo considerado; representa la longitud real del tramo considerado en kilómetros.
12. num_canal: Si es soterrado, número de canales existentes por ducto en el tramo considerado.
13. dim_canal: Si es soterrado, dimensión de canales existentes en el tramo considerado; representa el diámetro del canal en el tramo considerado en centímetros.
14. tipo_cable: Puede ser Fibra óptica, Coaxial, Cobre, u otro (Feature Class por cada medio de transmisión) (ó .shp por cada medio de transmisión).
15. num_cables: Representa el número de cables totales (tanto de transporte, troncal, distribución como de acceso y/o acometida o conexión internacional) en el tramo considerado.
16. distancia: Representa la longitud real del tramo considerado en kilómetros.
17. duc_libres: Si es soterrado, número de ductos 100% libres (sin redes existentes) en el tramo considerado.
18. duc_espac: Si es soterrado, número de ductos con un porcentaje entre 50% a 100% libre en el tramo considerado.
19. cap_ins: Representa la capacidad instalada en Mbps del tramo de enlace.
20. cap_uti: Representa la capacidad utilizada en Mbps del tramo de enlace.
21. num_hilos: Representa el número de hilos por fibra óptica en el tramo considerado.
22. num_hi_ilu: Representa el número de hilos iluminados (utilizados) por fibra óptica en el tramo considerado.
23. tipo_servi: Representa el tipo de servicio legalmente autorizado que la operadora entrega a sus clientes y se deberá poner el texto indicado en comillas:
- i. Servicio de Acceso a Internet: "sai";
 - ii. Servicio Portador: "spt";
 - iii. Servicio Móvil Avanzado: "sma";
 - iv. Red Privada: "rp";
 - v. Servicio de Telefonía Fija: "stf";
 - vi. Servicio de Audio y Video por suscripción: "avs".
 - vii. Servicio de transporte internacional: "ti"
24. tipo_enlac: para red de transporte, troncal y distribución poner: "rtf"; para red de acceso física o acometida poner "raf"; para enlace de Conexión Internacional poner "ci".
25. num_activo: Número de elementos activos instalados en el tramo.
26. num_pasivo: Número de elementos pasivos instalados en el tramo.
27. Situacion: Poner: "n" si el tramo de enlace es nuevo, "r" si ya está registrado o "b" si es dado de baja

NOTA: Ver la Geodatabase Personal model para ser llenada, donde para la mayor parte de campos, se incluye listas desplegables con los datos que se deberán incluir en forma obligatoria, en los formatos y forma que estén en dichas listas (en caso de no poder utilizar dicha geodatabase, el poseedor de título habilitante deberá justificarlo ante la ARCOTEL, para poder utilizar los archivos .shp y otros indicados).

	INSTRUCTIVO	Instructivo No. 001
	PRESENTACIÓN DE LA INFORMACIÓN GEO REFERENCIADA DE LAS REDES FÍSICAS DE LOS SERVICIOS DEL RÉGIMEN GENERAL DE TELECOMUNICACIONES Y REDES PRIVADAS	Página: 11

9.3. Formato de los campos de información:

- En los campos que contengan números se deberá configurarlos en formato numérico y no como texto; todos los números deberán ser enteros sin decimales (ejemplo: "23") a excepción de los siguientes campos que requieran decimales y con un número máximo de 11 decimales: longitud, latitud, distancia.
- En los campos que contengan texto se deberá configurarlos en formato texto, sin tildes ni caracteres especiales, ni la letra ñ, ni texto en mayúsculas.
- En los campos de números que no haya información poner el número "0".

Se indica a continuación una representación visual de la información a ser representada:



10. ENTREGA DE LA INFORMACIÓN.-

Toda la información que se genere en el software de información geográfica deberá ser entregada a la ARCOTEL por dos ocasiones de manera semestral, la primera hasta el 15 de enero y la segunda hasta el 15 de julio de cada año. Se debe entregar la Geodatabase personal .gdb con la información de la empresa llenada correctamente bajo este formato (en caso de no poder utilizar dicha geodatabase, el poseedor de título habilitante deberá

 Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones	INSTRUCTIVO	Instructivo No. 001
	PRESENTACIÓN DE LA INFORMACIÓN GEO REFERENCIADA DE LAS REDES FÍSICAS DE LOS SERVICIOS DEL RÉGIMEN GENERAL DE TELECOMUNICACIONES Y REDES PRIVADAS	Página: 12

justificarlo ante la ARCOTEL, para poder utilizar los archivos .shp y otros indicados; y entregar archivos .shp, .sbx, .shx, .dbf .prj.).

La información a ser presentada por los prestadores de servicios del régimen general de telecomunicaciones y redes privadas, contendrán la información detallada de toda la infraestructura actualizada de las redes físicas, la misma que deberá ser presentada en la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones en los formatos y plazos establecidos en el presente instructivo en la plataforma tecnológica, sin embargo si la misma no se encuentra disponible la información deberá ser entregada en medio digital sin protecciones, según lo indicado en las normas técnicas de ordenamiento y soterramiento vigentes.

NOTA: La información que no cumpla el estándar indicado en el presente documento no será aceptada y se devolverá con las observaciones correspondientes para su corrección; si no se cumplen los plazos de entrega de la información sin errores, se procederá conforme el ordenamiento jurídico vigente y las atribuciones de la ARCOTEL.

11. PUNTOS DE CONTACTO.-

Cualquier consulta referente al presente instructivo, los funcionarios de esta Agencia que atenderán de 09h00 a 17h00 a las inquietudes que se planteen, son los funcionarios de la Coordinación Técnica de Gestión de Títulos habilitantes.