



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL
ESCUELA DE POSGRADOS "ESPOG"

MAESTRÍA EN TELECOMUNICACIONES
MENCIÓN: GESTIÓN DE LAS TELECOMUNICACIONES
Resolución: RPC-SE-01-No.016-2020

PROYECTO DE TITULACIÓN EN OPCIÓN AL GRADO DE MAGISTER

Título del proyecto:
Desarrollo de una red FTTH pre-conectorizada en la parroquia Rumipamba
Línea de Investigación:
Telecomunicaciones y sistemas electrónicos.
Campo amplio de conocimiento:
Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC).
Autor/a:
Ricardo Manuel Tirira Sánchez
Tutor/a:
Mg. Wilmer Fabián Albarracín Guarochico

Quito – Ecuador

2022

APROBACIÓN DEL TUTOR



Yo, **Wilmer Fabián Albarracín Guarochico** con C.I: **171334115** en mi calidad de Tutor del proyecto de investigación titulado: **Desarrollo de una red FTTH pre-conectorizada en la parroquia Rumipamba.**

Elaborado por: **Ricardo Manuel Tirira Sánchez**, de C.I: **1717566143**, estudiante de la Maestría: Telecomunicaciones, mención Gestión de las Telecomunicaciones de la **UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL (UISRAEL)**, como parte de los requisitos sustanciales con fines de obtener el Título de Magister, me permito declarar que luego de haber orientado, analizado y revisado el trabajo de titulación, lo apruebo en todas sus partes.

Quito D.M., 10 de septiembre de 2022

Firma

Tabla de contenidos

INFORMACIÓN GENERAL	1
Contextualización del tema	1
Problema de investigación	1
Objetivo general	2
Objetivos específicos	2
Vinculación con la sociedad y beneficiarios directos:	2
CAPÍTULO I: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	3
1.1. Contextualización general del estado del arte	3
1.2. Proceso investigativo metodológico	4
1.2.1. Investigación bibliográfica	4
1.2.2. Investigación de campo	4
CAPÍTULO II: PROPUESTA	5
2.1 Fundamentos teóricos aplicados	5
2.1.1 PON	5
2.1.2 GPON	5
2.1.3 FTTX	5
2.1.4 ODN	6
2.1.5 OLT (Terminal de línea óptica)	7
2.1.6 ODF (<i>Optical Distribution Frame</i>)	7
2.1.7 Manga de fibra óptica	8
2.1.8 Fibra óptica	9
2.1.9 Tipo de tendido de cable de fibra óptica	10
2.1.10 Herrajes	10
2.1.11 Cable óptico pre-conectorizado para derivaciones.	11
2.1.12 Cable óptico pre-conectorizado para última milla	12
2.1.13 CTO pre-conectorizada	13
2.1.14 Splitter	14
2.1.15 Conectores	14
2.1.16 Tipos de pulido de conectores	15
2.1.17 Adaptadores	16
2.1.18 Empalmes	16
2.1.19 Equipos de fibra óptica	18
2.2 Descripción de la propuesta	19

2.2.1	Estructura general	20
2.2.2	Explicación del aporte	20
2.2.2.1	Delimitación del área de cobertura	21
2.2.2.2	Dimensionamiento de la red	22
2.2.2.3	Topología de la red	23
2.2.2.4	Elementos del backbone	24
2.2.2.5	Red troncal	26
2.2.2.6	Red de distribución	29
2.2.2.7	Sistema de etiquetado	30
2.2.2.8	Red de acceso	31
2.2.2.9	Análisis de capacidad	32
2.2.2.10	Análisis de pérdidas	33
2.2.2.11	Presupuesto del proyecto	35
2.2.2.12	Gastos de operación	37
2.2.2.13	Factibilidad del proyecto	40
2.3	Validación de la propuesta	41
2.4	Matriz de articulación de la propuesta	46
2.5	Análisis de resultados	47
	CONCLUSIONES	53
	RECOMENDACIONES	54
	BIBLIOGRAFÍA	55
	ANEXOS	56

Índice de tablas

Tabla 1.- Distribución de los hilos para la red troncal.....	27
Tabla 2.- Asignación de hilos.....	29
Tabla 3.- Etiquetado de caja.....	30
Tabla 4.- Etiquetado de splitter.....	31
Tabla 5.- Velocidad máxima por cliente.....	32
Tabla 6.- Velocidad mínima por cliente	33
Tabla 7.- Valores típicos de atenuación	33
Tabla 8.- Eventos atenuadores.....	34
Tabla 9.- Presupuesto óptico mejor caso.....	34
Tabla 10.- Presupuesto óptico peor caso.....	35
Tabla 11.- Clases de pérdidas.....	35
Tabla 12.- Costo de inversión fija.....	36
Tabla 13.- Costos directos	37
Tabla 14.- Inversión total	37
Tabla 15.- Gastos de operación.....	37
Tabla 16.- Gastos administrativos.....	38
Tabla 17.- Gastos de ventas	38
Tabla 18.- Costos de depreciación	38
Tabla 19.- Planes de servicio	39
Tabla 20.- Proyección de ingresos anuales	39
Tabla 21.- Análisis punto de equilibrio.....	39
Tabla 22.- Calculo FENC.....	40
Tabla 23.- Descripción de perfil de validadores.....	42
Tabla 24.- Criterios de evaluación.....	42
Tabla 25.- Datos validador #1	43
Tabla 26.- Escala del validador #1	43
Tabla 27.- Datos del validador #2.....	43
Tabla 28.- Escala del validador #2	43
Tabla 29.- Datos del validador #3.....	44
Tabla 30.- Escala del validador #3	44
Tabla 31.- Tabla de articulación	46

Índice de figuras

Figura 1.- Red Gpon.....	5
Figura 2.- Redes FTTX	6
Figura 3.- Red de distribución óptica	7
Figura 4.- OLT Huawei	7
Figura 5.- ODF.....	8
Figura 6.- Manga de empalme	8
Figura 7.- Herraje tipo A.....	11
Figura 8.- Herraje tipo B	11
Figura 9.- Cable Drop Pre-conectorizado	12
Figura 10.- Cable OptiTap pre-conectorizado	13
Figura 11.- NAP pre-conectorizada	14
Figura 12.- Splitter.....	14
Figura 13.- Conectores Ópticos.....	15
Figura 14.- Tipos de pulido.....	16
Figura 15.- Adaptadores Ópticos	16
Figura 16.- Empalme mecánico.....	17
Figura 17.- Empalme por fusión	17
Figura 18.- Fusionadora	18
Figura 19.- Optical power meter	18
Figura 20.- OTDR	19
Figura 21.- Diagra de la red.....	20
Figura 22.- Ubicación geográfica Rumipamba	21
Figura 23.- Área de cobertura	22
Figura 24.- Población cantón Rumiñahui	23
Figura 25.- Viviendas según parroquias cantón Rumiñahui.....	23
Figura 26.- Topología para diseño de la red.....	24
Figura 27.- Ubicación nodo Rumipamba.....	24
Figura 28.- Distribución de puertos del ODF.....	25
Figura 29.- Rack.....	26
Figura 30.- Simbología de una manga en el diseño	¡Error! Marcador no definido.
Figura 31.- Diseño de la red troncal	27
Figura 32.- Simulación OLT.....	47
Figura 33.- Medición de potencia del OLT	48
Figura 34.- Simulación de la ODN.....	48
Figura 35.- Simulación del OLT.....	49
Figura 36.- Potencia en la ONT.....	49
Figura 37.- Caja instalada	50
Figura 38.- Traza Tubo Azul Hilo Verde.....	51
Figura 39.- Traza Tubo Azul Hilo Café	52
Figura 40.- Traza Tubo Azul Hilo Gris	52

INFORMACIÓN GENERAL

Contextualización del tema

Debido a la pandemia por el COVID-19, existió un cambio radical para la vida personal y profesional en las personas a nivel mundial. El aumento significativo en el teletrabajo por el confinamiento obligatorio, provocó el aumento considerable de servicios de videoconferencia, uso de VPN's, aplicaciones de *streaming*, lo que causó en un aumento de hasta un 40% en el tráfico en algunos países según la ITU.

La realidad en la que vivimos es aún más digital que hace 3 años, lo que ha expuesto algunas debilidades en las redes de fibra óptica sobre todo y como resultado, las exigencias de los usuarios sobre la calidad de los servicios de internet aumentan día a día. Esto debido a la inestabilidad de las redes por el aumento considerable de usuarios lo que provocó que se realicen más instalaciones, más soportes y por ende una manipulación considerable sobre las cajas de distribución y mangas por fusión lo que ha ocasionado un deterioro acelerado en las redes de fibra óptica.

Problema de investigación

La empresa TELCONET S.A en la ciudad de Quito es la principal proveedora de internet tanto para residencial como corporativos, a través de una red de fibra óptica convencional, la cual al ser una red que tiene ya varios años de funcionamiento y al ser una red empalmada por fusión se debe abrir cada vez que se manipula un cliente; esto presenta desventajas como el deterioro acelerado de las cajas de distribución debido a la manipulación constante por nuevas instalaciones y por soporte técnico de otros clientes.

Entre el 2019 y el 2022 en la empresa hubo un aumento de clientes sobre la red de un 60% y un aumento del 20% en soporte técnico por causas como: pigtail roto en caja de distribución, cambio de dúplex en caja de distribución, fusión rota en caja de distribución, buffer roto en caja de distribución; todos estos problemas están referenciados de manera directa a una manipulación excesiva en las cajas de distribución lo que ocasiona caídas constantes o intermitencias por atenuación en los enlaces internet provocando una percepción errónea sobre la calidad del servicio en los usuarios.

Este proyecto pretende desarrollar una red de fibra óptica pre-conectorizada, para reducir la manipulación en las cajas de distribución gracias a un diseño más simple como el *Plug&Play*, reducir tiempos de instalación, reducción significativa del número de fusiones (menos fallas y

menor costo de instalación), aumento de la confiabilidad y estabilidad de la red, agilidad y practicidad en la instalación (rapidez del despliegue).

Objetivo general

Desarrollar una red FFTH preconectorizada para la empresa Telconet S.A en la parroquia Rumipamba en el cantón Rumiñahui.

Objetivos específicos

- Determinar la demanda aproximada para el área de cobertura de la red a diseñar
- Realizar el diseño de la red de distribución óptica desde el OLT hasta la ONT.
- Analizar el detalle de los materiales a utilizar para la red de distribución óptica.
- Determinar el presupuesto óptico de la red de distribución óptica.
- Valorar a través de criterio de especialistas el impacto del proyecto.

Vinculación con la sociedad y beneficiarios directos:

El beneficiario directo será la población de la parroquia rural de Rumipamba del cantón Rumiñahui, la red permitirá que la sociedad cuente con un servicio de internet que le permita realizar actividades como teletrabajo, teleeducación, video conferencias, entretenimiento de una manera mucho más constante y segura. Una investigación de la Universidad de Michigan realizada entre 2015 y 2017 ha demostrado que el uso de Internet brinda a las personas una sensación de seguridad, libertad personal e influencia, todos factores positivos para la felicidad y la privacidad.

Es importante recalcar que el aporte del presente proyecto sirve a la empresa Telconet S.A como punto de partida para el análisis de un cambio estructural de su red por fusión a una red preconectorizada debido a la problemática del aumento de soporte por la manipulación excesiva de sus cajas de distribución ante el aumento exponencial de su cartera de clientes. Además, será un instrumento de apoyo para empresas públicas y privadas, estudiantes, profesionales y personas naturales que les interese la tecnología GPON que en un futuro deseen implementar una red de fibra óptica pre-conectorizada.

CAPÍTULO I: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

1.1. Contextualización general del estado del arte

Las redes de fibra están en constante desarrollo y este es un ejemplo de por qué las redes de fibra óptica pre-conectorizada son una solución eficaz. A medida que los departamentos de ingeniería, operaciones y ventas de las principales empresas de telecomunicaciones se enfrentan a objetivos cada vez más audaces y se vuelven más poderosos, su uso ha crecido exponencialmente y la competencia se ha intensificado.

Al diseñar y construir redes de fibra óptica, una visión a largo plazo ayuda a garantizar el éxito empresarial. Las redes ópticas requieren mejores prácticas de planificación. Por lo tanto, proporcionar una solución FTTX eficiente que implemente servicios de manera rápida y confiable mientras reduce los costos e incluso les brinda una ventaja competitiva en este entorno incierto es fundamental para la supervivencia de algunas empresas.

En este proyecto, analizaremos al Grupo Furukawa como pionero en el desarrollo de soluciones de red de banda ancha y de extremo a extremo que implementamos o requerimos mediante el desarrollo de dos soluciones pre-conectorizadas para escenarios específicos de crecimiento exponencial. Con base en el estudio de caso de la compañía de 2020 en América Latina, la comparación de las soluciones pre-conectorizadas con las soluciones convergentes tradicionales mostró los siguientes beneficios:

- Reducción de hasta un 21% en el costo total de la solución;
- Reducción de hasta un 39% en accesorios y mano de obra;
- Reducción del 50% en la cantidad de horas de trabajo del personal en campo;
- Reducción de hasta un 40% en el tiempo de instalación;
- Reducción de hasta un 30% en los costos de mantenimiento;
- Reducción del 94% en el número de fusiones en la red de distribución.

En el 2021 en la Universidad Israel se realizó el proyecto “Guía Digital para el análisis y resolución de fallas en la Operación & Mantenimiento de una Red GPON desde la NAP hasta el cliente, para los ISPs.” (Parra Balza & Cruz Valverde, 2018). El proyecto de investigación tuvo como finalidad desarrollar una guía digital para el mantenimiento de una red GPON desde la NAP hasta el cliente, enfocado de esta forma mejorar la satisfacción del cliente y aporta en este estudio indicios sobre la planificación para la implementación a las cajas de distribución óptica pre-conectorizadas.

En el 2018 en la Universidad Politécnica Nacional se realizó el proyecto “Diseño de una red de acceso en un sector residencial para proveer servicios triples play utilizando tecnología de red gepon (*gigabitethernet passive optical network*) para la empresa TELCONET S.A.” (GUZMÁN ANTAMBA, 2018). Este estudia el diseño de una red GPON para brindar servicios a los clientes de TELCONET S.A. ubicado en la zona residencial de la ciudad de Quito y aporta a nuestro proyecto un análisis orientado a la ciudad de Quito sobre la red actual.

1.2. Proceso investigativo metodológico

Por la antes expuesto es necesario establecer la metodología con la que se va a llevar el procedimiento para cumplir con los objetivos planteados.

1.2.1. Investigación bibliográfica

Se realiza un estudio sobre estándares de implementación para redes FTTH, características, ventajas y desventajas, métodos de multiplexación, aplicaciones, etc. para mejorar el conocimiento y diseñar redes FTTH correctas. Usando tecnología actual y futura, la vida útil de este proyecto será de aproximadamente 20 años.

1.2.2. Investigación de campo

Este enfoque permite visualizar y evaluar el estado de los elementos físicos de la infraestructura de telecomunicaciones para la implementación de redes FTTH (carreteras, postes, áreas subterráneas, tuberías, accesorios). El diseño de la red se realizará de acuerdo con la normativa nacional, lo que afectará también a las líneas aéreas que soportan las líneas eléctricas y de telecomunicaciones, las cuales han sido retiradas en algunos lugares para dar paso a zonas subterráneas, por lo que se realizará una inspección in situ necesaria para saber cuál es la instalación de red más adecuada.

CAPÍTULO II: PROPUESTA

2.1 Fundamentos teóricos aplicados

A continuación, se analizará los fundamentos teóricos utilizados en el desarrollo e implementación de la propuesta.

2.1.1 PON

Una red óptica pasiva (PON) es una red de fibra punto a multipunto que no requiere componentes activos entre la red de origen (OLT) y sus puntos finales (usuario/cliente/ONT), sino que utiliza componentes ópticos pasivos (*Splitter's*) como uno de sus principales elementos.

2.1.2 GPON

Es un acrónimo de Gigabit Passive Optical Network o Red Óptica Pasiva con capacidad Gigabit. Tiene una capacidad de transmisión de hasta 2,5 Gbps de descarga y 1,25 Gbps de subida para una conexión de banda ancha estable. Opera a velocidades superiores a 1 (Gbps) con soporte multiservicio global; transmite voz multiplexación por división de tiempo (TDM) y SONET (red óptica síncrona).

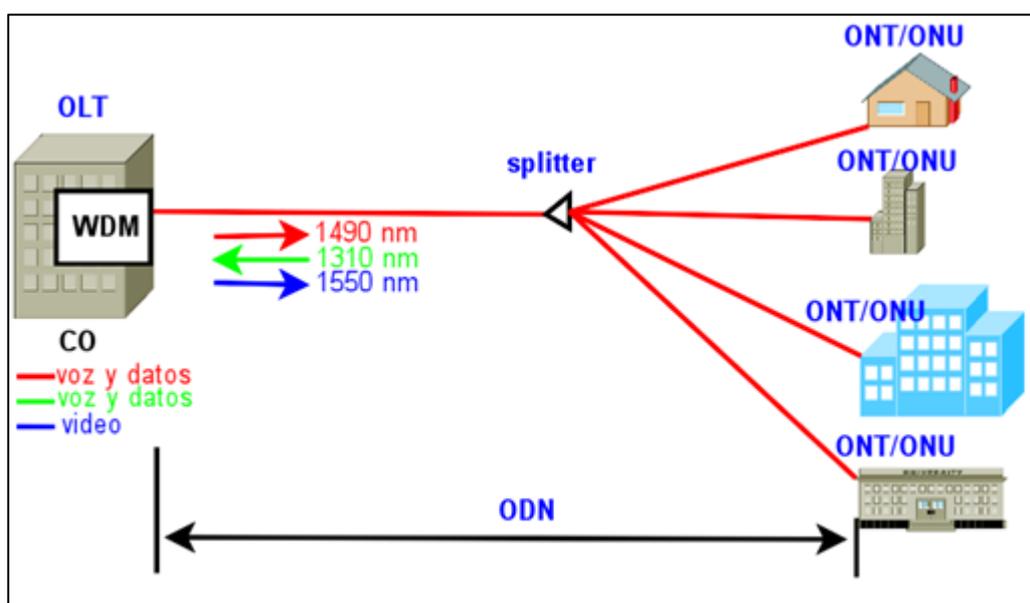


Figura 1.- Red Gpon
Fuente: Huawei

2.1.3 FTTX

Esto se aplica a diferentes topologías de red de fibra óptica con distancias de fibra a usuario final.

Las arquitecturas FTTx más importantes en la actualidad son:

- FTTC: La fibra en esta topología llega hasta un armario con fibra óptica y desde allí se conectará a la ONU a través de una red de cobre cuya distancia no debe ser superior a los 300 metros.
- FTTB: La fibra en esta topología llega al interior o alrededores de la edificación y desde allí se conectará a la ONU con una red de cobre que no debe superar los 80 metros, de manera general se usa en edificios con estructura interna.
- FTTH: toda la red es de fibra óptica hasta el hogar desde la OLT hasta la ONT.
- FTTR: Fiber to the room, dejando aún lado el cableado estructurado convencional con cable UTP con esta topología se llega con fibra óptica a todos los puntos del hogar a través de Access points ópticos.

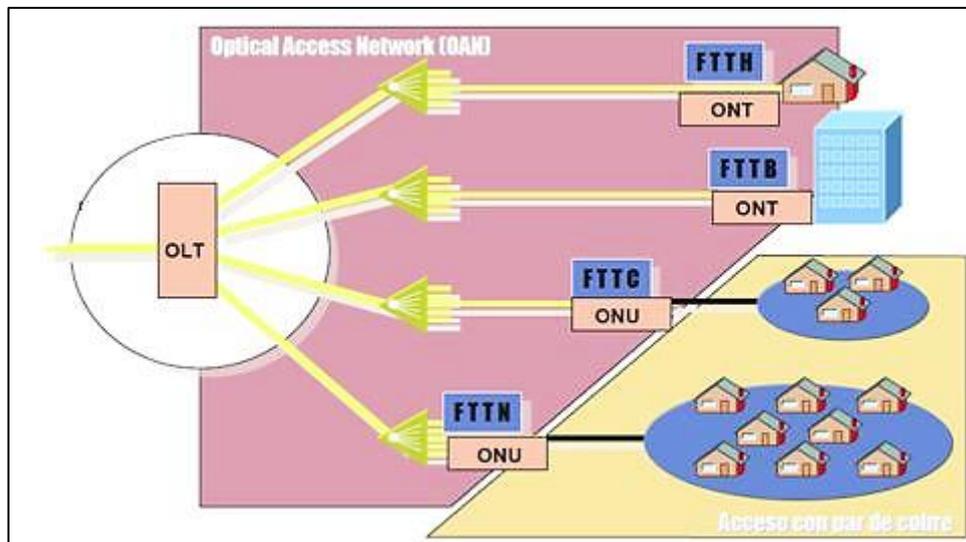


Figura 2.- Redes FTTx
Fuente: sisutelco

2.1.4 ODN

Es una red de distribución óptica totalmente pasiva que se conecta entre la OLT y la ONT por medio de elementos como; cable de fibra óptica, divisores ópticos y conectores.

- Red feeder: es la red troncal de fibra óptica que interconecta los nodos de telecomunicaciones.
- Red distribución: Es la red que une al OLT y las cajas de distribución (NAP) a través de fibra óptica.
- Red de dispersión: es la red que está formada por los cables de fibra óptica que constituye la última milla para dar servicio a los abonados.

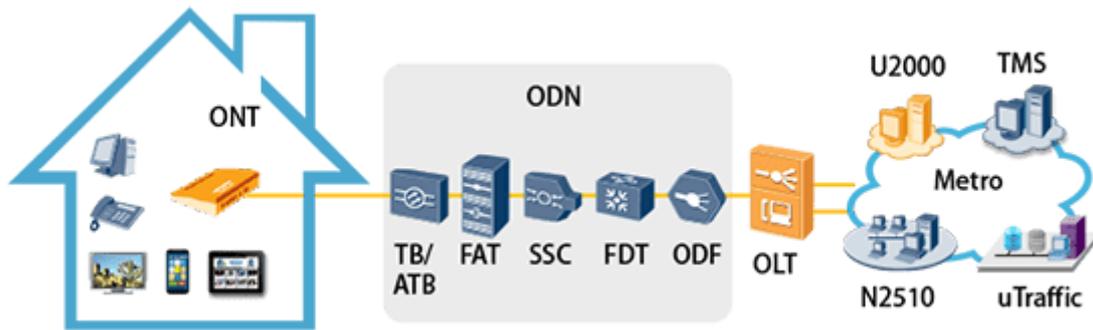


Figura 3.- Red de distribución óptica
Fuente: Furukawa

2.1.5 OLT (Terminal de línea óptica)

Es un dispositivo terminal utilizado para conectar una red troncal. La fibra óptica está conectada a un divisor óptico en el extremo del usuario. La función principal de la OLT es controlar la transmisión bidireccional de información a través de la ODN desde la oficina central.

Para el presente proyecto se realizó una visita técnica al nodo Rumipamba de la empresa Telconet y se conoció que dispone de un OLT marca Huawei modelo MA5800 X2, según se visualiza en la Figura 4, por tal motivo se ha considerado para el análisis.



Figura 4.- OLT Huawei
Fuente: Huawei

2.1.6 ODF (Optical Distribution Frame)

Los ODF o distribuidores de fibra óptica también conocidos como repartidores ópticos modulares, es una carcasa que le permite organizar conectores de terminales de fibra óptica. Su diseño los hace ideales para combinar altas densidades de fibra para facilidad de operación, seguridad y fácil mantenimiento.



*Figura 5.- ODF
Fuente: Tensortec*

2.1.7 Manga de fibra óptica

Para este proyecto, un elemento importante en la red de fibra óptica cuyo objetivo principal es garantizar la continuidad y expandir la red. Fabricado con material termoplástico de alta resistencia, que protege y resiste el derretimiento.



*Figura 6.- Manga de empalme
Fuente: Tensortec*

Este tipo de manga se usará en el proyecto para unir la fibra óptica de 48 hilos que despliega la red troncal que tiene una distancia de 12 km y viene por lo general en tramos de bobinas de 4km.

2.1.8 Fibra óptica

Se instalan diferentes tipos de fibras ópticas monomodo o multimodo de acuerdo a las especificaciones establecidas por la ITU-T, las que contienen las definiciones y especificaciones, mientras que en la actualidad la fibra multimodo es utilizada en distancias cortas, no más de 2 km, la fibra monomodo tiene una gran ventaja sobre la fibra multimodo porque tiene un costo menor y es utilizada para largas distancias.

Por tanto, es necesario definir brevemente los tipos de fibra monomodo actualmente en uso para poder seleccionar correctamente la fibra utilizada en este proyecto:

- Fibra monomodo estándar (ITU-T G.652). - en la actualidad es la fibra óptica más utilizada y vendida en las redes de telecomunicaciones. La longitud de onda a la que opera es de 1310 nm a 1625 nm.
- ITU-T G.652.A.- Posee supresión de picos por presencia de iones hidróxido, está diseñado para alta tasa de transmisión y larga distancia. Admite una velocidad de 10 Gbps en una distancia de 40 km.
- ITU-T G.652.B.- es una mejora con respecto a la versión G.652.A, ya que permite la transmisión en un rango de longitud de onda extendido de 1310 a 1625 nm.
- ITU-T G.652.C.- Esta versión elimina el pico de decaimiento del hidróxido, lo que permite la transmisión de longitudes de onda extendidas de 1310 a 1625 nm.
- ITU-T G.652.D.- Definido conceptualmente similar a G.652.C pero que permite la transmisión en un rango de longitud de onda extendido de 1310 nm a 1625 nm.

Al identificar los diferentes tipos y versiones de fibras ópticas, es posible seleccionar la fibra óptica a utilizar en el proyecto en base a criterios técnicos, por lo tanto, debido a la distancia de la red a implementar se utilizará fibra monomodo G.652, ya que admite la operación de longitudes de onda entre los 1310 nm, 1490 nm y 1625 nm, que son las requeridas en una red GEAPON. La subcategoría seleccionada será G.652.D porque proporciona altas tasas de bits debido a la falta de pérdida máxima. TELCONET al tener una fábrica de fibra óptica cuenta con este tipo de fibra en stock inmediato.

Estructura del cable ADSS

En general, hay dos tipos de diseños de cable ADSS. Uno de ellos es el llamado diseño de tubo central en el que se coloca un hilo de cierta longitud en un tubo de PBT líquido lleno de material impermeable. Este diseño tiene un diámetro más pequeño y menos peso. Pero la longitud del hilo es limitada.

Ventajas de cables ADSS de fibra óptica

- Este tipo de fibra maneja un menor costo en el mercado.
- Su estructura es sólida y permite tendidos de hasta 300 metros entre postes o torres.
- Muy ligera en comparación al resto lo que permite reducir la carga en el vano.
- Tiene una protección que evita que la humedad dañe la fibra.
- La envoltura protege a la fibra de la luz ultravioleta solar.
- El recubrimiento de gel y la cubierta del cable de fibra brindan protección contra el ataque químico.
- Permite realizar redes troncales de hasta 100 km sin repetidores y trabaja con longitudes de onda de 1310 a 1550 nanómetros.
- Se tiene fibras de 144, 96 y 48 hilos.

2.1.9 Tipo de tendido de cable de fibra óptica

Hay dos opciones para tender cables de fibra óptica: sobre el suelo o bajo tierra. La instalación subterránea es bastante costosa ya que las tuberías deben instalarse o alquilarse, por lo que se requiere un permiso de la autoridad local pertinente. Por lo tanto, es mucho más rentable instalar cables aéreos porque TELCONET ya cuenta con los permisos del gobierno de la ciudad y la Empresa Eléctrica de Quito.

Debido a que el tendido será aéreo es necesario escoger el tipo de estructura del cable de fibra óptica que se utilizará para la red troncal, es por ello que se usará el cable tipo ADSS Cable de fibra óptica de estructura holgada es adecuado para largas distancias, trabaja bajo los estándares G.652 y G.655 de la ITU-T.

2.1.10 Herrajes

Los herrajes son una parte esencial de la instalación aérea de fibra óptica y ayudan a sujetar el cable de fibra óptica y mantenerlo fijo en la instalación, evitando que se deslice y no quede destemplado.

Existen dos tipos de herrajes, el tipo A o de paso que son útiles en tramos rectos y cortos. Sostienen el cable de fibra firmemente sin dañarlo y permiten que se mueva hacia los lados para evitar daños, mientras que los de retención o tipo B son utilizados cada 150 metros o en curvaturas y permiten igualar la tensión.



Figura 7.- Herraje tipo A
Fuente: technowired



Figura 8.- Herraje tipo B
Fuente: technowired.

En este proyecto se utilizará herrajes los dos tipos de herrajes para dejar un seno de fibra y aprovechar reservas de poste a poste, también por que TELCONET tiene este tipo de herraje en stock.

2.1.11 Cable óptico pre-conectorizado para derivaciones.

Estos cables ópticos se pueden conectar fácilmente a las cajas de terminales ópticas de la misma estructura. La ventaja de esta fibra es que no es necesario abrir la CTO (Caja de terminación óptica) para realizar la conexión, en este caso utiliza un diseño *Plug-and-Play*.



Figura 9.- Cable Drop Pre-conectorizado
Fuente: Furukawa

Este tipo de fibra óptica se usará en el proyecto para conectar la red de distribución es decir las CTO de primer nivel con las CTO de segundo nivel.

2.1.12 Cable óptico pre-conectorizado para última milla

Los conectores *OptiTap* proporcionan una solución de conexión robusta y sellada para conexiones FTTH. Los extremos endurecidos del conector tienen conexiones SC/APC en una carcasa de polímero roscada sellada delgada para facilitar la conexión. Los conectores SC/APC están conectados a adaptadores estándar para proporcionar una interfaz común para aplicaciones FTTH.

- Compatible con *Corning-OptiTap* y H-Connector;
- Longitud del cable 100 m, 200 m, 300 m, 500 m, 1000 m o personalizado;
- Con terminación de fábrica para un alto rendimiento;
- Disponible con uno o ambos extremos conectorizados;
- Híbrido (un extremo con un conector *OptiTap*, un extremo con un conector SC estándar) disponible con o sin agarre de tracción;
- Diseñado para instalación aérea, directamente enterrada o en conductos;
- IP-68 protección contra el agua y el polvo;
- -40 °C ~ 85 °C temperatura de funcionamiento;



Figura 10.- Cable OptiTap pre-conectorizado
Fuente: Furukawa

Este tipo de fibra óptica se deberá usar para las instalaciones desde las CTO hacia los clientes finales.

2.1.13 CTO pre-conectorizada

Este elemento sirve como punto de conexión entre los *splitter* con el cable de fibra óptica sin necesidad de abrir y exponer los hilos de la fibra de la red troncal. Esta unidad proporciona protección y control de construcción fiables para la red FTTH.

Características:

- Instalación fácil y sencilla, no es necesario abrir la caja para instalar el conector óptico.
- Totalmente compatible con todo tipo de conector rápido SC.
- Soporte de montaje aéreo/poste/pared.
- Excelente rendimiento mecánico, ignífugo, resistente al agua IP65 y resistente a los rayos UV.



*Figura 11.- NAP pre-conectorizada
Fuente: fibramerica*

2.1.14 Splitter

Un divisor óptico es un dispositivo de bifurcación que se utiliza para distribuir señales ópticas a múltiples ubicaciones de procesamiento. En una red óptica, a menudo es necesario dividir una señal óptica en varias señales idénticas o combinar varias señales en una sola.



*Figura 12.- Splitter
Fuente: fibramerica*

2.1.15 Conectores

Son elementos que van al final de un hilo de fibra óptica que permiten realizar la conexión a través de un adaptador, los más comunes son: FC, LC, ST y SC. En la siguiente figura se muestra los conectores.



*Figura 13.- Conectores Ópticos
Fuente: Huawei*

2.1.16 Tipos de pulido de conectores

Pulido UPC: Se utiliza para las fibras monomodo (SM) y multimodo (MM). Debido a que tienen una superficie plana durante la unión, sus características son menos críticas en términos de pérdida de rendimiento. Sus valores típicos de pérdida oscilan entre 30 (dB) y 50 (dB).

Pulido APC: El pulido angular (APC), tiene una inclinación de 8° en su superficie, lo que favorece el acoplamiento entre dos fibras, debido a que reduce las reflexiones en más de 60 (dB), la pérdida típica es ≤ 0.5 (dB).

Para una red FTTH el conector comúnmente utilizado es el pulido APC y se lo puede identificar por ser de color verde, ver Figura 14.

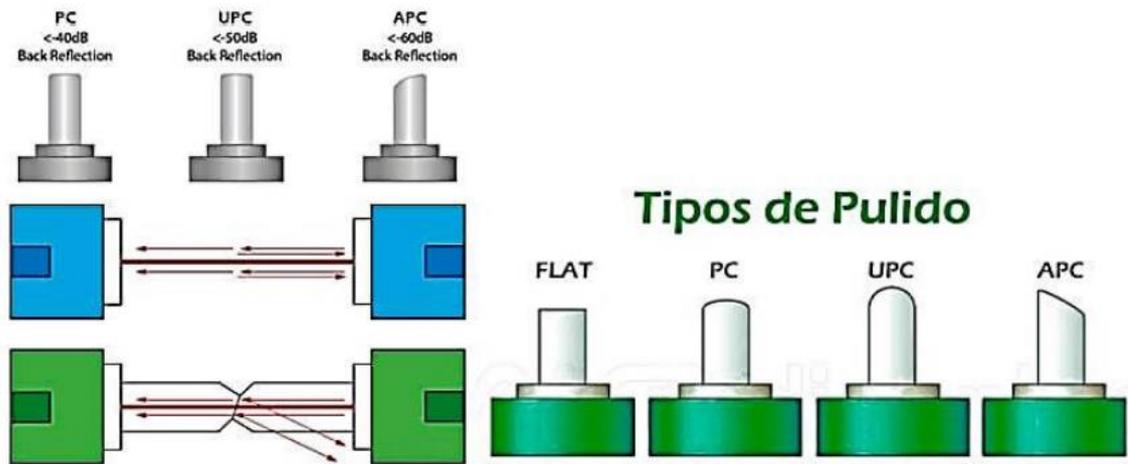


Figura 14.- Tipos de pulido
Fuente: Huawei

2.1.17 Adaptadores

Son aquellos elementos que sirven para la conexión entre un hilo de fibra y un *patch cord* para la continuidad del mismo.

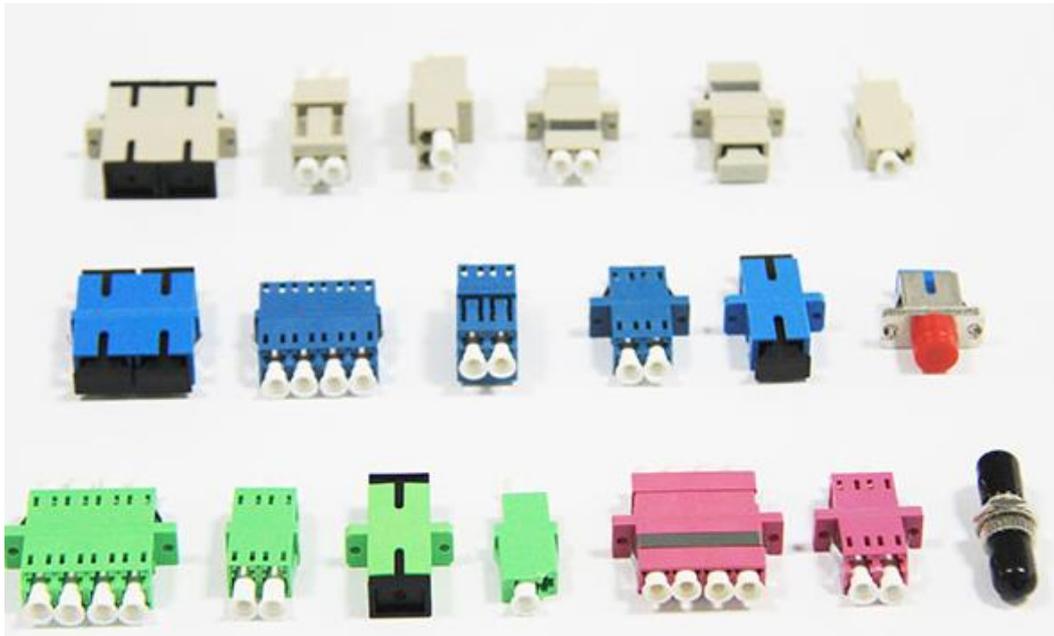


Figura 15.- Adaptadores Ópticos
Fuente: Huawei

2.1.18 Empalmes

Hay dos tipos de conexiones: mecánicas o de fusión. Ambos métodos proporcionan una pérdida de inserción significativamente menor que los conectores de fibra óptica.

Empalme mecánico de fibra óptica

Es un método de empalme alternativo que no requiere el uso de una fusionadora. Consiste en unir los extremos de las fibras a un soporte mecánico para permitir que el recubrimiento se alinee y evitar la separación de las fibras por el adhesivo o sistema de presión. Está impregnado con un gel de compensación del índice de refracción para reducir la pérdida de inserción y la pérdida de retorno



Figura 16.- Empalme mecánico.
Fuente: Fibremex

Empalme por fusión de fibra óptica

El empalme por fusión es más caro, pero tiene una vida más larga que el empalme mecánico. Este método fusiona los núcleos de fibra con menos atenuación.

En el proceso de empalme por fusión, se usa una fusionadora para alinear con precisión los dos extremos de la fibra y se usa un arco eléctrico para "fusionarlos". Crea una conexión transparente, no reflectante y continua entre las fibras, lo que proporciona una transmisión óptica con pérdidas muy bajas. (Pérdida típica: 0.1dB)

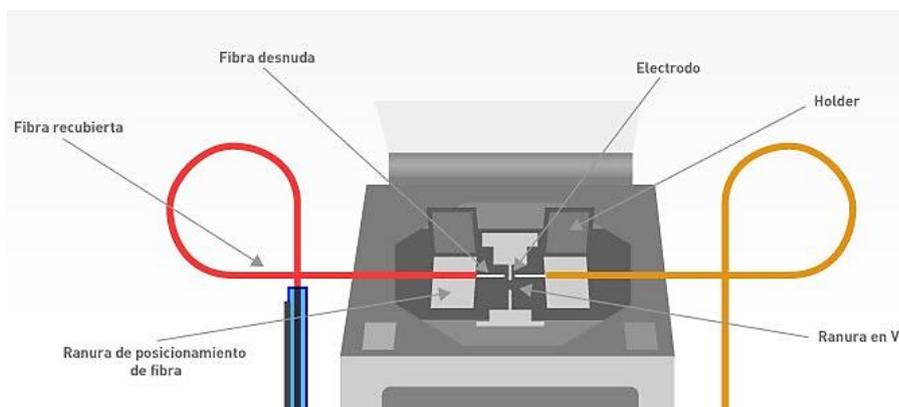


Figura 17.- Empalme por fusión
Fuente: Fibremex

En este proyecto se usará empalme por fusión de la fibra óptica en la red troncal para unir la fibra de 48 hilos que viene por lo general en carretes de cuatro kilómetros.

2.1.19 Equipos de fibra óptica

Fusionadora

La Fusionadora de fibra óptica o también conocida como empalmadora de fibra óptica, es un equipo especial de alto rendimiento que se utiliza para conectar de forma permanente dos haces de fibra óptica.



Figura 18.- Fusionadora
fuente: sillexfiber

Power meter

El *Power Meter*, es un instrumento que se utiliza para realizar lecturas de los niveles potencia óptica en un enlace de fibra óptica que dependiendo la marca o el fabricante trabaja con varias longitudes de onda.



Figura 19.- Optical power meter
fuente: EXFO

OTDR

Es un equipo que trabaja en el dominio del tiempo con reflectometría óptica utilizada en redes de fibra óptica para localizar pérdidas e interrupciones para poder determinar la distancia a estas fallas o más conocidos como eventos, y así determinar la ubicación física de un punto de la red en el que se deben realizar las tareas de mantenimiento adecuadas.



Figura 20.- OTDR
Fuente: EXFO

En el proyecto el OTDR servirá para certificar los hilos de fibra óptica luego de desplegada la red.

2.2 Descripción de la propuesta

Este proyecto muestra el desarrollo de una red de fibra óptica preconectorizada, con un diseño más simple como el *Plug&Play*, enfocado en reducir tiempos de instalación, reducción significativa del número de fusiones (menos fallas y menor costo de instalación), aumento de la confiabilidad y estabilidad de la red, agilidad y practicidad en la instalación (rapidez del despliegue) y procesos amigables con el medio ambiente como parte de la responsabilidad social de la compañía.

2.2.1 Estructura general

A continuación se presenta un diagrama de la propuesta:

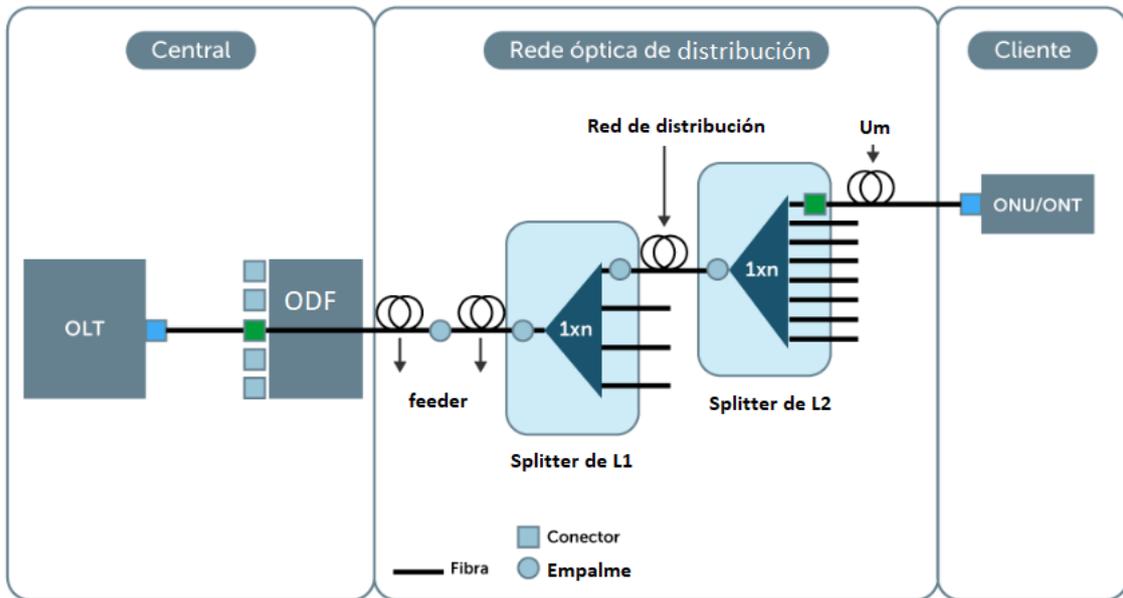


Figura 21.- Diagrama de la red
Fuente: Autor

2.2.2 Explicación del aporte

El proyecto se desarrolla en la parroquia Rumipamba que pertenece al cantón Rumiñahui de ubicado, con una población de 477 habitantes, la cual indica que es la parroquia menos poblada del cantón Rumiñahui. La población de la parroquia registró un claro equilibrio de género y un total de 104 viviendas, según datos del INEC 2021.

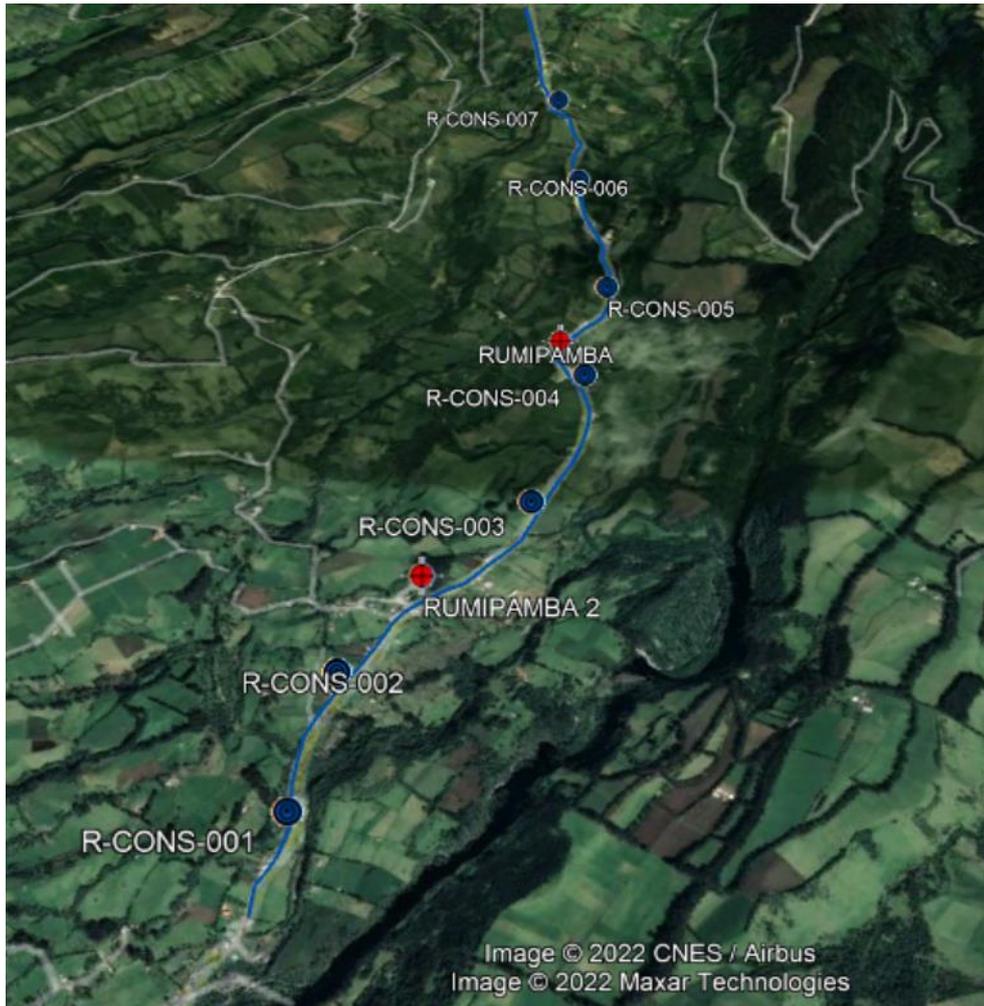
Cabe señalar que este proyecto solo realizará el diseño de la red física entre la OLT y la terminal de la ONT que se desplegará en la parroquia de Rumipamba, con las especificaciones y procedimientos adecuados para garantizar un producto de excelencia.



Figura 22.- Ubicación geográfica Rumipamba
Fuente: Google Earth Pro

2.2.2.1 Delimitación del área de cobertura

En esta zona la cobertura para la implantación de la red no supera los 15 km entre los puntos más lejanos, el proyecto tendrá en cuenta una de las principales características de la red GEPON, la distancia de la ODN (red de distribución óptica) no debe superar los 20 km.



*Figura 23.- Área de cobertura
Fuente: Autor*

2.2.2.2 Dimensionamiento de la red

Para realizar el dimensionamiento es necesario analizar los datos de la parroquia de Rumipamba y con estos resultados cubrir las necesidades del sector además de tener en cuenta un impacto de crecimiento que debe soportar la red.

Con base a cifras provistas por el INEC correspondientes al censo del año 2021 en el catón Rumiñahui se podrá realizar un análisis de la actualidad y una estimación de los potenciales usuarios.

DISTRIBUCIÓN DE LA POBLACIÓN DEL CANTÓN RUMIÑAHUI, SEGÚN PARROQUIAS			
PARROQUIAS	TOTAL	HOMBRES	MUJERES
TOTAL	65.882	32.275	33.607
SANGOLQUÍ (URBANO)	56.794	27.743	29.051
ÁREA RURAL	9.088	4.532	4.556
PERIFERIA	5.768	2.868	2.900
COTOGCHOA	2.843	1.422	1.421
RUMIPAMBA	477	242	235

Figura 24.- Población cantón Rumiñahui
Fuente: INEC

VIVIENDAS PARTICULARES OCUPADAS, POR TIPO DE VIVIENDA, SEGÚN PARROQUIAS									
PARROQUIAS	TOTAL VIVIENDAS	TIPO DE VIVIENDA							
		CASA O VILLA	DEPARTAMENTO	CUARTOS EN INQUIL.	MEDIA-GUA	RANCHO	COVACHA	CHOZA	OTRO
TOTAL CANTÓN	16.302	11.490	1.811	1.466	1.410	24	59	5	37
SANGOLQUÍ (URBANO)	14.225	9.908	1.755	1.382	1.083	15	45	1	36
PERIFERIA	1.309	1.017	38	63	179	6	4	2	-
COTOGCHOA	664	479	18	21	131	3	10	1	1
RUMIPAMBA	104	86	-	-	17	-	-	1	-

Figura 25.- Viviendas según parroquias cantón Rumiñahui
Fuente: INEC

Es importante señalar que el mercado de este proyecto está enfocado al sector residencial debido al enfoque de la titulación con un proyecto de carácter social.

2.2.2.3 Topología de la red

Para el diseño de la red en la figura 26 se muestra la topología que se usará y que para este caso es una FTTH.

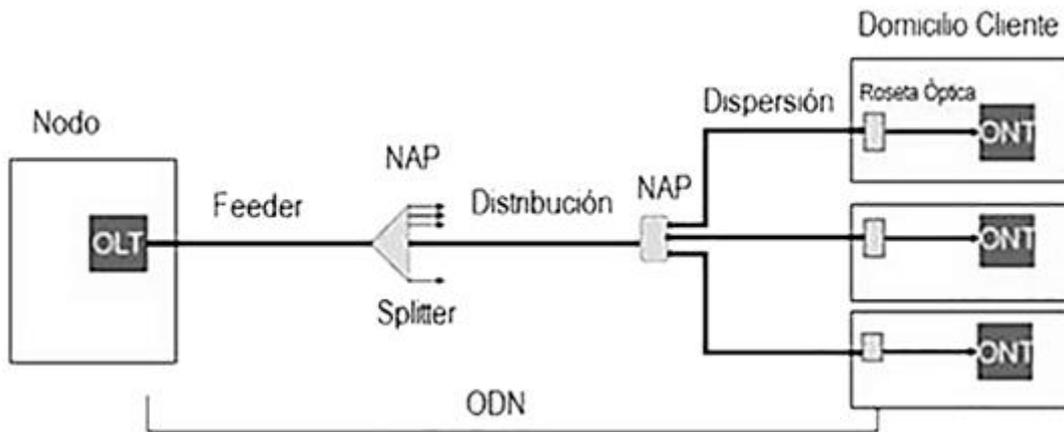


Figura 26.- Topología para diseño de la red
Fuente: Autor

2.2.2.4 Elementos del backbone

Para este diseño todos los equipos y elementos de la red troncal estarán direccionados al nodo Rumipamba de propiedad de la empresa TELCONET y la ubicación física se puede apreciar en la siguiente imagen.

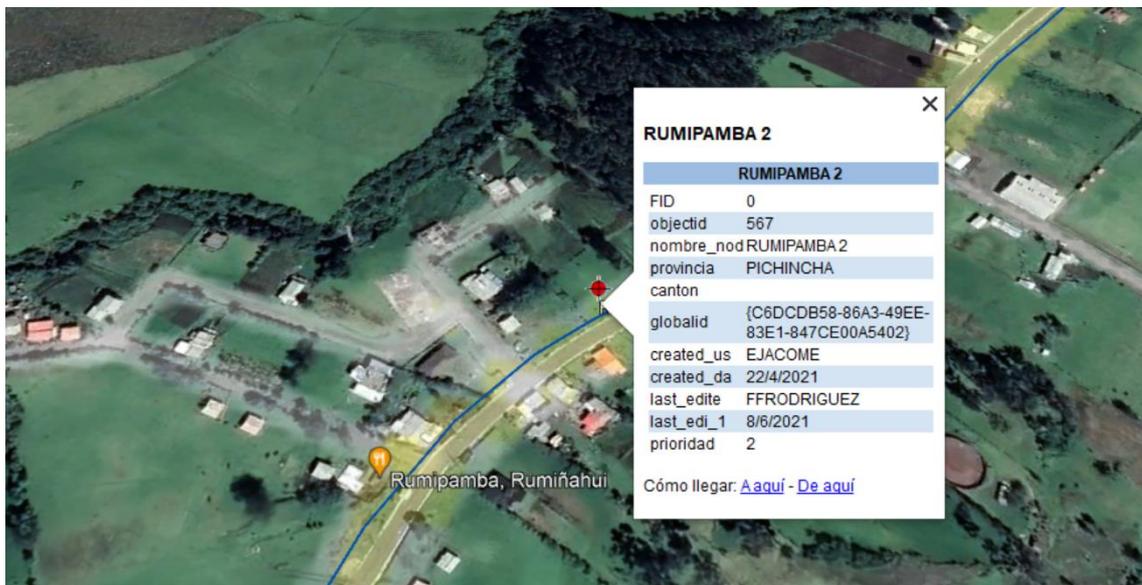


Figura 27.- Ubicación nodo Rumipamba
Fuente: Telconet

OLT (Optical Line Terminal)

El equipo OLT que se usará para este proyecto es el de propiedad de TELCONET de la serie MA5800 x2 que cuenta con dos tarjetas de 16 PON C+ incluidos los SFP's GPON y UPLINK con 4 puertos de 1Gb/10GB, cada una. Las características de este equipo cumplen con los

requerimientos de la red que se va a diseñar con un número máximo 64 clientes por línea PON, dato importante para tener en cuenta al momento del despliegue de las CTO.

ODF (Optical Distribution Fiber)

El nodo Rumipamba cuenta con un ODF de 96 hilos permitiendo así una correcta manipulación y organización de los hilos de fibra hacia el OLT.

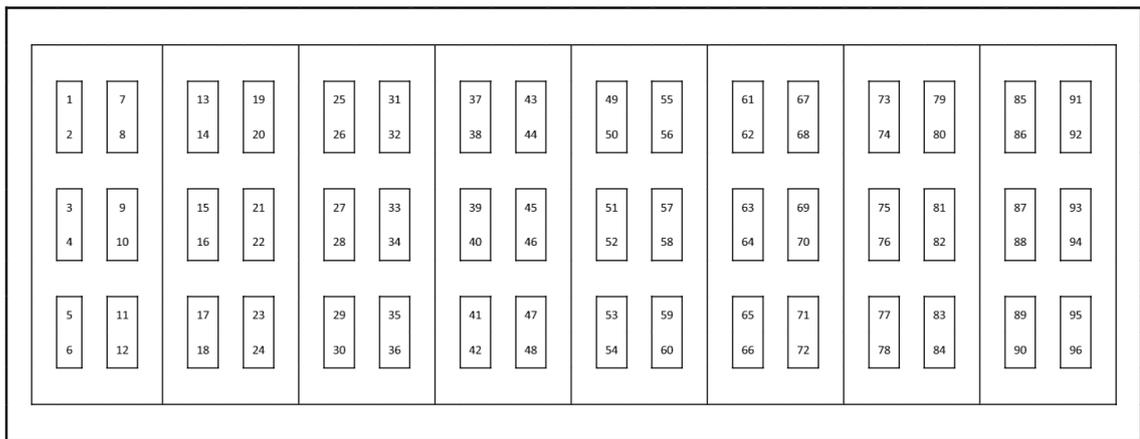


Figura 28.- Distribución de puertos del ODF
Fuente: Autor

Los equipos antes mencionados estarán ubicados en un rack como se muestra en la siguiente imagen.



Figura 29.- Rack
Fuente: Autor

2.2.2.5 Red troncal

Para el diseño de la red troncal que parte desde el ODF donde se distribuye la fibra óptica en el nodo Rumipamba y que estará interconectado al OLT que dará potencia a cada uno de los *splitter* de primer nivel y en cascada a los *splitter* de segundo nivel. En la figura 31 se muestra el diseño de la red troncal.

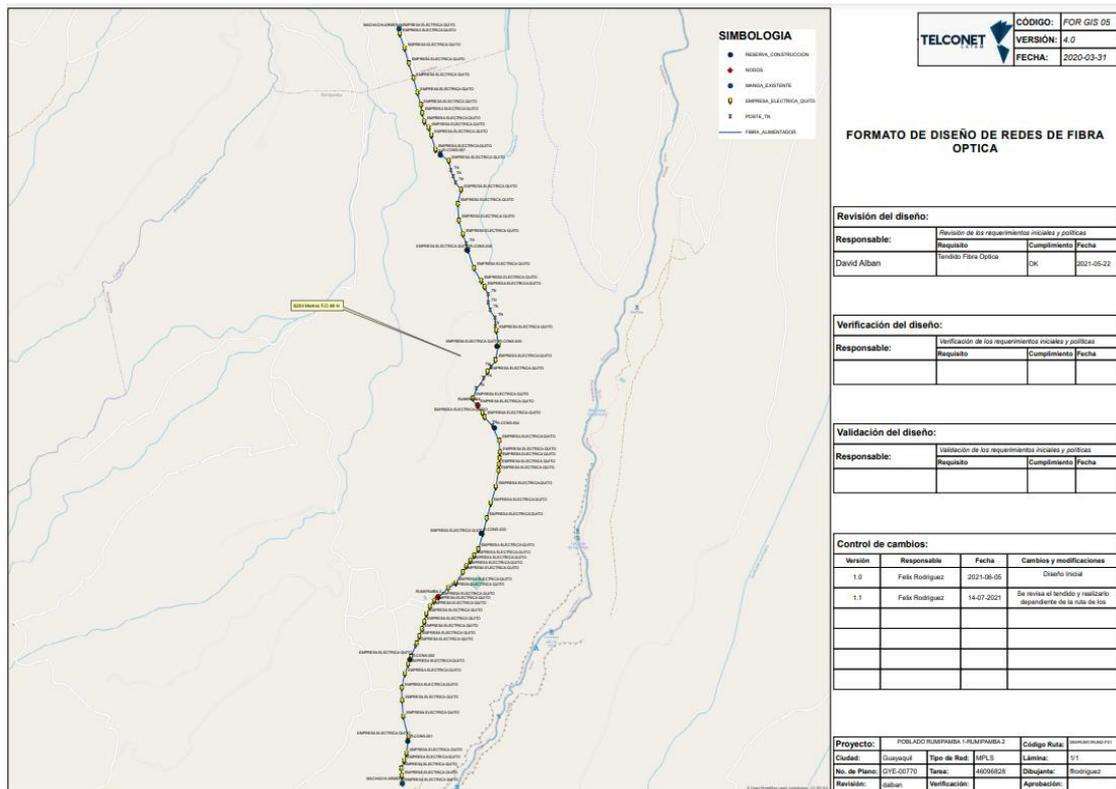


Figura 30.- Diseño de la red troncal
Fuente: Autor

La red troncal se implementará con fibra de 48 hilos, la asignación y distribución de los hilos se muestra en la tabla 1 de correspondencia de los hilos de cada buffer con sus respectivos valores de atenuación con base a la distancia.

Tabla 1.- Distribución de los hilos para la red troncal

RUMIPAMBA-ARMENIA-F48H						
Buffer	Número	Hilo	Caja	Atenuación dB	Distancia Km	Estado
AZUL	1	Azul	BACKBONE	2,7	12.720	ok
	2	Naranja		2,7		ok
	3	Verde		3,01		ok
	4	Café		2,86		ok
	5	Gris		2,91		ok
	6	Blanco		3,18		ok
	7	Rojo		2,93		ok
	8	Negro		2,87		ok
	9	Amarillo		2,86		ok
	10	Violeta		2,62		ok
	11	Rosado		2,93		ok
	12	Celeste		2,76		ok

Buffer	Número	Hilo	Caja	Atenuación	Distancia	Estado
NARANJA	13	Azul	BACKBONE	2,75	12.714	ok
	14	Naranja		2,65		ok
	15	Verde		2,84		ok
	16	Café		2,86		ok
	17	Gris		2,96		ok
	18	Blanco		3,21		ok
	19	Rojo		3,07		ok
	20	Negro		2,68		ok
	21	Amarillo		2,79		ok
	22	Violeta		2,62		ok
	23	Rosado		2,87		ok
	24	Celeste		2,92		ok
Buffer	Número	Hilo	Caja	Atenuación	Distancia	Estado
VERDE	25	Azul	BACKBONE	2,70	12.726	ok
	26	Naranja		2,98		ok
	27	Verde		3,02		ok
	28	Cafe		3,06		ok
	29	Gris		2,74		ok
	30	Blanco		2,96		ok
	31	Rojo		2,67		ok
	32	Negro		2,81		ok
	33	Amarillo		2,90		ok
	34	Violeta		2,96		ok
	35	Rosado		2,80		ok
	36	Celeste		2,76		ok
Buffer	Número	Hilo	Caja	Atenuación	Distancia	Estado
CAFE	37	Azul	BACKBONE	2,77	12.730	ok
	38	Naranja		2,86		ok
	39	Verde		3,08		ok
	40	Cafe		2,91		ok
	41	Gris		2,95		ok
	42	Blanco		2,86		ok
	43	Rojo		3,06		ok
	44	Negro		2,73		ok
	45	Amarillo		2,79		ok
	46	Violeta		2,59		ok
	47	Rosado		3,00		ok
	48	Celeste		2,75		ok

2.2.2.6 Red de distribución

Para la red de distribución se utilizará fibra monomodo de dos hilos pre-conectorizada para derivaciones de tipo ADSS con la normativa G.652.D. Esta red está implementada entre el *splitter* de primer nivel y el *splitter* de segundo nivel. En el anexo 2 se podrá revisar el manual de usuario de esta fibra.

Para el despliegue de la red de distribución se desarrolló dos niveles de divisores ópticos en cascada, en el primer y se segundo nivel se tendrá un *splitter* de 1:8 para cumplir con la distribución de los 64 usuarios que nos permite cada puerto PON, se podría utilizar otro acople como 1:4 y 1:16 pero se trabaja acorde a las políticas de construcción de TELCONET.

Los divisores ópticos estarán ubicados en las cajas de distribución que se menciona en el apartado 2.1.13, y a su vez estas cajas estarán instaladas en postes, para esta red habrá cajas de distribución de primer nivel y de segundo nivel, no se usará armarios de distribución.

A continuación, se muestra la distribución de los hilos que habilitarán los *splitter* de primer y segundo nivel.

Tabla 2.- Asignación de hilos

RUMIPAMBA-ARMENIA-F48H				
Buffer	Número	Hilo	Asignación L1	Asignación L2
AZUL	1	Azul	Uplink	
	2	Naranja	Uplink	
	3	Verde	CTO L1 - 1	CTO L2 - 1 a 8
	4	Café	CTO L1 - 2	CTO L2 - 1 a 8
	5	Gris	CTO L1 - 3	CTO L2 - 9 a 16
	6	Blanco	CTO L1 - 4	CTO L2 - 9 a 16
	7	Rojo	CTO L1 - 5	CTO L2 - 17 a 24
	8	Negro	CTO L1 - 6	CTO L2 - 17 a 24
	9	Amarillo	CTO L1 - 7	CTO L2 - 25 a 32
	10	Violeta	CTO L1 - 8	CTO L2 - 25 a 32
	11	Rosado	CTO L1 - 9	CTO L2 - 33 a 40
	12	Celeste	CTO L1 - 10	CTO L2 - 33 a 40
Buffer	Número	Hilo	Asignación L1	Asignación L2
NARANJA	13	Azul	Uplink	
	14	Naranja	Uplink	
	15	Verde	CTO L1 - 11	CTO L2 - 41 a 48
	16	Café	CTO L1 - 12	CTO L2 - 41 a 48
	17	Gris	CTO L1 - 13	CTO L2 - 49 a 56
	18	Blanco	CTO L1 - 14	CTO L2 - 49 a 56

	19	Rojo	CTO L1 - 15	CTO L2 - 57 a 64
	20	Negro	CTO L1 - 16	CTO L2 - 57 a 64
	21	Amarillo	Libre	
	22	Violeta	Libre	
	23	Rosado	Libre	
	24	Celeste	Libre	
Buffer	Número	Hilo	Asignación L1	Asignación L2
VERDE	25	Azul	Libre	
	26	Naranja	Libre	
	27	Verde	Libre	
	28	Cafe	Libre	
	29	Gris	Libre	
	30	Blanco	Libre	
	31	Rojo	Libre	
	32	Negro	Libre	
	33	Amarillo	Libre	
	34	Violeta	Libre	
	35	Rosado	Libre	
	36	Celeste	Libre	
Buffer	Número	Hilo	Asignación L1	Asignación L2
CAFE	37	Azul	Libre	
	38	Naranja	Libre	
	39	Verde	Libre	
	40	Cafe	Libre	
	41	Gris	Libre	
	42	Blanco	Libre	
	43	Rojo	Libre	
	44	Negro	Libre	
	45	Amarillo	Libre	
	46	Violeta	Libre	
	47	Rosado	Libre	
	48	Celeste	Libre	

2.2.2.7 Sistema de etiquetado

Es importante conocer las variables que conforman el etiquetado de las cajas y la información que pueden entregarnos por lo que es necesario analizar el sistema de etiquetado que maneja TELCONET.

Etiquetado para cajas

Para el etiquetado de las cajas se maneja el siguiente estándar:

Tabla 3.- Etiquetado de caja

UIO-NODO (A)-NODO (E)/NODO(E)-F00-C00A-BUF	
NOMENCLATURA	SIGNIFICADO

UIO	Ciudad
NODO (A)	Nodo concentrador
NODO (E)	Nodo Estándar a donde esta direccionada la caja
NODO (E)	Nodo estándar <i>backup</i>
F00	Número de Ruta
C00	Número de Caja
A/B	A (Alta densidad, se dejan todos los hilos en la caja)
BUFFER	Color del Buffer sangrado en la caja

Etiquetado para *Splitter*

Para la codificación de un Splitter de primer o segundo nivel se coloca el número de OLT, el nodo y la Línea PON, como se muestra en la tabla 4.

Tabla 4.- Etiquetado de splitter

OLTHW1FortinesUIO-G0/1-F01.Bodega-L2-H140.NEG-4-C08A-N	
NOMENCLATURA	SIGNIFICADO
OLTHW1	Número de OLT
Fortines	Nodo principal
UIO	Ciudad
G0/1	Línea PON
F01	Numero de Ruta
Bodega	Nodo <i>backup</i>
L#	Donde se indica el nivel del splitter
H140	Barril o hilo ODF
NEG	Color del hilo MPLS usado
4	Puerto del splitter L1 de la Línea PON
C08A	Caja donde se encuentra el splitter
N	De donde viene la conexión

2.2.2.8 Red de acceso

Para la red de acceso se utilizará fibra monomodo de dos hilos pre-conectorizada por última milla de tipo ADSS con la normativa G.652.D. Esta red se implementa desde el splitter de segundo nivel hacia el usuario final y aunque el despliegue de la última milla se da una vez entregada la red es necesario analizar políticas para la instalación de los usuarios.

Instalación de clientes

El proyecto se centró en el desarrollo de la ODN de la red GEAPON, es importante describir las recomendaciones con respecto al tendido e instalación de cables de fibra óptica para los clientes del proyecto. Estas recomendaciones servirán como guía general para el proyecto. La fibra óptica es un componente que se puede degradar si se manipula incorrectamente durante la

instalación, por lo que es importante seguir algunas pautas generales para la fibra conectada antes de la última milla esperada.

- Cuando la fibra este en el piso se debe tener cuidado que no sea pisada por vehículos o transeúntes.
- Cuando haya curvaturas se deberá respetar el radio de curvatura que especifica el fabricante (Anexo 3).
- Respetar los valores de tensión máxima que especifica el fabricante por el fabricante (Anexo 3).
- Realizar el uso adecuado de los herrajes para evitar atenuación por un mal tendido de la fibra óptica.

Después de seguir las recomendaciones correspondientes, puede continuar con la instalación del cliente, debe realizar los siguientes pasos:

- Stock de materiales para instalación en última milla.
- Conectar el jumper de fibra óptica en la CTO de acuerdo al manual de usuario (Anexo B).
- Realizar el tendido de la fibra óptica con los ganchos de sujeción respetando los valores de curvatura de la fibra.
- La última milla se debe ingresar hacia el domicilio de forma perpendicular.
- La punta final de la fibra será fusionada a un *path cord* SC/UPC dentro de una roseta para luego conectarse a la ONT.

2.2.2.9 Análisis de capacidad

Para el análisis de la capacidad que tendrá la red el proyecto se basará en la velocidad de operación estándar GEPON de 1Gbps simétrica tanto *upstream* y *downstream*. Es necesario recalcar que la capacidad de cada puerto PON es de 64 usuarios.

Tabla 5.- Velocidad máxima por cliente

GEPON	Capacidad	ONT
UPSTREAM	1 Gbps	15,6 Mbps
DOWNSTREAM	1 Gbps	15,6 Mbps

Al determinar de manera general ancho de banda que necesitará cada usuario de Triple Play, por lo que, como se describe en la sección anterior, los valores estándar según la ITU para cada servicio se describen en la tabla a continuación.

Tabla 6.- Velocidad mínima por cliente

Servicio	Capacidad upstream	Capacidad downstream
SDTV	1 Mbps	4 - 5 Mbps
Internet (Aplicaciones)	2 - 4 Mbps	2 - 4 Mbps
VoIP	64 - 256 kbps	64 - 256 kbps
Total	5,256 Mbps	8,256 Mbps

Por lo tanto, se podría existe la capacidad para brindar servicio Triple Play en el caso der ser requerido, aunque al momento el proyecto este enfocado solo en el servicio de internet que va a brindar la red diseñada.

2.2.2.10 Análisis de perdidas

A continuación, se muestra un análisis de pérdida en dos escenarios diferentes, el cliente más alejado del OLT y el cliente más cercano a OLT. Este análisis permite determinar cuál será el umbral máximo y mínimo de potencia y para el caso de esta red validar si los equipos con los que trabaja TELCONET cumplen con el umbral de potencia necesario. EL valor máximo a considerar por UM como tendido de FO desde el splitter de L2 hasta el ONT será de 500 metros.

Los valores a considerar para el presupuesto óptico son los siguientes:

Tabla 7.- Valores típicos de atenuación

Valores típicos	[dB] Atenuación
Empalme por fusión ITU-T 751	0,1
Conectorización ITU-T 671	0,5
Splitter 1:8	10
Atenuación en fibra [dB] (l=1310 nm)	0,22
Atenuación en fibra [dB] (l=1490 nm)	0,30
Atenuación en fibra [dB] (l=1550 nm)	0,33

MEJOR CASO (CLIENTE MÁS CERCANO)

Para el cliente más cercano que en un caso hipotético se encontraría a una distancia total de 1,107Km desde el nodo hasta el ONT, teniendo en consideración que desde el nodo hasta el splitter de L2 más cercano al nodo hay una distancia de 607 metros y como valor referencial tope para las ultimas millas 500 metros. A continuación, se analizará los eventos en la red para este caso y la cantidad de cada uno:

Tabla 8.- Eventos atenuadores

Eventos	Cantidad (u)
Fusiones	4
<i>En ODF de ruta</i>	1
<i>Splitter L1</i>	1
<i>Splitter L2</i>	1
<i>Cliente</i>	1
Conectores	4
<i>En ODF de ruta</i>	1
<i>Splitter L1</i>	1
<i>Splitter L2</i>	1
<i>Cliente</i>	1
Splitter	2
<i>1x8</i>	2

Con base a la tabla anterior en donde se cuenta los eventos existentes en la red y utilizando la ecuación de presupuesto de enlace se realizó la siguiente tabla:

Tabla 9.- Presupuesto óptico mejor caso

PRESUPUESTO OPTICO			
Elementos en la red	Cantidad	Pérdida por elemento (dB)	Total pérdida (dB)
Conectores	4	0,5	2,00
Fusiones	4	0,1	0,40
Splitter 1:8	2	10	20,00
Distancia OLT - ONT ($\lambda=1310$ nm)	1,107	0,33	0,37
Distancia OLT - ONT ($\lambda=1490$ nm)	1,107	0,30	0,33
Distancia OLT - ONT ($\lambda=1510$ nm)	1,107	0,22	0,24
Margen	1	3	3,00
Pérdida Total ($\lambda=1310$ nm)			25,77
Pérdida Total ($\lambda=1490$ nm)			25,73
Pérdida Total ($\lambda=1510$ nm)			25,64

PEOR CASO (CLIENTE MÁS LEJANO)

En el peor de los casos o cliente más lejano, que estará ubicado a 3286 metros y se considera la UM como valor máximo de 500 metros. En este caso los eventos serán iguales que en el caso anterior como se explica en la tabla 9 y a partir de ahí se realizó el siguiente presupuesto:

Tabla 10.- Presupuesto óptico peor caso

PRESUPUESTO OPTICO			
Elementos en la red	Cantidad	Pérdida por elemento (dB)	Total pérdida (dB)
Conectores	4	0,5	2,00
Fusiones	4	0,1	0,40
Splitter 1:8	2	10	20,00
Distancia OLT - ONT ($\lambda=1310$ nm)	3,786	0,33	1,25
Distancia OLT - ONT ($\lambda=1490$ nm)	3,786	0,30	1,14
Distancia OLT - ONT ($\lambda=1510$ nm)	3,786	0,22	0,83
Margen	1	3	3,00
Pérdida Total ($\lambda=1310$ nm)			26,65
Pérdida Total ($\lambda=1490$ nm)			26,54
Pérdida Total ($\lambda=1510$ nm)			26,23

Una vez se realizó el análisis de los casos extremos para hipotéticos clientes en el peor y mejor de los casos es importante destacar que los valores cumplen con el tipo de clase B+, es decir, no supera los límites y esto ayudará a que los lentes ópticos de los equipos no se quemen o no sean reconocidos en el peor de los casos.

Tabla 11.- Clases de pérdidas.

CLASE	POTENCIA OLT [dBm]	SENSIBILIDAD ONT [dBm]	PERDIDAS EN LA RED [dB]
A	-4	-25	21
B+	1	-27	28
C	5	-26	31

2.2.2.11 Presupuesto del proyecto

Con el diseño basado en los resultados de la evaluación de necesidades y requerimientos, teniendo en cuenta el equipamiento necesario para el despliegue de la red. Además, se hará el análisis de la inversión para la ejecución de la red GEPON, el retorno de este despliegue de red se da como una previsión de 5 años.

El objetivo es establecer el periodo de recuperación de la inversión proporcionando un estudio de viabilidad basado en los parámetros financieros del VAN y la TIR. Este análisis muestra los datos autorizados a ser puestos a disposición del público de acuerdo con la política de privacidad de TELCONET S.A.

INVERSIONES FIJAS

Las inversiones fijas son aquellas realizadas con activos fijos, que aseguran la operación del proyecto y no su comercialización y deben ser utilizados durante toda su vida útil. Los costos mostrados son valores que la empresa TELCONET facilitó para los cálculos y que ya los tenían en stock.

Tabla 12.- Costo de inversión fija

DETALLE	PRECIO UNITARIO	CANTIDAD	TOTAL
OPTICAL LINE TERMINAL (OLT)	\$ 9.590,57	1	\$ 9.590,57
POSTE CIRCULAR DE HORMIGON 10MTS	\$ 316,22	11	\$ 3.478,42
CABLE DE FIBRA OPTICA ADSS SPAN 250 48H	\$ 0,92	12500	\$ 11.500,00
MANGA 48H 6 BANDEJAS TENSORTEC	\$ 64,99	4	\$ 259,96
KIT DE HERRAJE TIPO B	\$ 3,00	60	\$ 180,00
KIT DE HERRAJE TIPO A	\$ 3,00	480	\$ 1.440,00
ETIQUETAL ACRILICAS AMARILLAS	\$ 0,55	600	\$ 330,00
BOX 3 FTTH BOX - 2 PCS SC/UPC 1*8 PLC SPLITTERS	\$ 65,32	18	\$ 1.175,76
AMARRAS PLASTICAS 10CM (100U)	\$ 1,74	10	\$ 17,40
AMARRAS PLASTICAS 35CM (100U)	\$ 3,92	10	\$ 39,20
CINTA AISLANTE 3M (18.2 MTS)	\$ 0,90	10	\$ 9,00
ODF DE 96 HILOS	\$ 180,00	1	\$ 180,00
CINTA PARA ETIQUETADORA 3/4 BLANCO(6.4M)	\$ 27,00	10	\$ 270,00
CINTA VELCRO 3/4 X 10 YD.	\$ 19,99	3	\$ 59,97
FIBER PROTECTION SLEEVE 60MM (100U)	\$ 3,00	4	\$ 12,00
HEBILLA DE ACERO DE 3/4	\$ 0,20	100	\$ 20,00
FIBRA 2H (PRECONECTORIZADO 120 MTS)	\$ 37,20	18	\$ 669,60
FIBRA 2H (CON PROTECTOR UM 400 MTS)	\$ 124,00	1024	\$ 126.976,00
ONT EG8145V5	\$ 43,40	1024	\$ 44.441,60
ROSETA OPTICA SLIM	\$ 4,00	1024	\$ 4.096,00
PATCH FIBRA OPTICA SM SC/SC 9/125 2 METER	\$ 3,20	1024	\$ 3.276,80
CINTA DE ACERO 3/4 (ROLLO)	\$ 25,00	2	\$ 50,00
TOTAL			\$ 208.072,28

INVERSIONES DIFERIDAS

Las inversiones diferidas son aquellas realizadas para adquirir servicios o derechos necesarios para iniciar un proyecto. En nuestro país los gastos de permisos de funcionamiento se tratan por separado (telefonía fija, y TV), para la configuración de equipos y pruebas de la red el valor será del 10% del costo total. Para los valores de amortización anual se calcula la depreciación anual del valor total repartido en 5 años, según lo exige la ley.

Los costes directos se resumen en el siguiente cuadro.

Tabla 13.- Costos directos

ACTIVOS DIFERIDOS	VALOR	AMORTIZACIÓN ANUAL
GASTOS DE PERMISOS DE FUNCIONAMIENTO	\$ 3.100,00	\$ 310,00
GASTOS DE CONFIGURACIÓN DE EQUIPOS	\$ 1.200,00	\$ 120,00
GASTOS DE PRUEBA DE LA RED PASIVA	\$ 1.400,00	\$ 140,00
TOTAL	\$ 5.700,00	\$ 570,00

La inversión total se muestra en el siguiente cuadro y sería la suma de la inversión fija con las diferidas.

Tabla 14.- Inversión total

INVERSIONES	VALOR
FIJAS	\$ 208.072,28
DIFERIDAS	\$ 5.700,00
TOTAL	\$ 213.772,28

2.2.2.12 Gastos de operación

Este análisis se realizará enfocado a los primeros cinco años de funcionamiento y a continuación se detalla los diferentes gastos:

GASTOS OPERATIVOS

En los costos de operación, se toma en cuenta el promedio aproximado de servicios básicos y renta, unos 950 USD mensuales, el mantenimiento de la red será del 10% del valor total de la red pasiva, que es el valor que maneja TELCONET.

Tabla 15.- Gastos de operación

DESCRIPCIÓN	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Servicios Básicos	\$ 3.800,00	\$ 11.400,00	\$ 11.400,00	\$ 11.400,00	\$ 11.400,00	\$ 11.400,00
Mantenimiento de la Red	\$ 5.201,81	\$ 20.807,23	\$ 20.807,23	\$ 20.807,23	\$ 20.807,23	\$ 20.807,23
Total	\$ 9.001,81	\$ 11.400,00	\$ 32.207,23	\$ 32.207,23	\$ 32.207,23	\$ 32.207,23

GASTOS ADMINISTRATIVOS

El costo de preparación del proyecto se define como el costo requerido para iniciar el proyecto. El personal actual de la empresa participará en la operación y gestión del proyecto de acuerdo con el progreso del proyecto, la empresa cuenta con personal de instalación,

mantenimiento y apoyo asignado al proyecto, el valor del salario será el básico nacional y se considera que el aumento del mismo es del 10% anual.

Tabla 16.- Gastos administrativos

AÑO	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Personal de Instalación y Mantenimiento	\$8.200,00	\$9.020,00	\$9.922,00	\$10.914,20	\$12.005,62	\$13.206,18
Personal de Monitoreo de Red	\$6.280,00	\$6.908,00	\$7.598,80	\$8.358,68	\$9.194,55	\$10.114,00
Soporte Técnico	\$4.950,00	\$5.445,00	\$5.989,50	\$6.588,45	\$7.247,30	\$7.972,02
Total						\$31.292,20

GASTOS DE VENTAS

Estos son honorarios pagados por la efectividad de los servicios de marketing. La tabla 4.20 muestra el costo de ventas estimado de \$3,100 por mes, es decir, \$37,200.00 por año, datos del departamento de marketing de TELCONET.

Tabla 17.- Gastos de ventas

GASTOS DE VENTAS POR AÑO	
Gastos de marketing	\$ 37.200,00
Total	\$ 37.200,00

DEPRECIACIONES

Para los activos fijos existe depreciación que puede ser parcial o total; por este concepto, la depreciación de los activos se calcula utilizando el método de línea recta utilizado por TELCONET, asumiendo que los activos fijos se deprecian en cada período contable, el mismo método basado en la vida útil del activo de red a un 20% anual por cinco años.

Tabla 18.- Costos de depreciación

Detalle	Valor del equipo	Depreciación total Anual (20% por año)
OLT	\$ 9.590,57	\$ 1.918,11
Fibras	\$ 139.145,60	\$ 27.829,12
ONT	\$ 44.441,60	\$ 8.888,32
Total		\$ 38.635,55

PROYECCIÓN DE INGRESOS

Para la proyección de ingresos anuales, se tomará como punto de partida el número de hogares en la parroquia Rumipamba y ya que en la actualidad no hay servicio de internet residencial y comercial cercano con fibra óptica, habrá al menos un porcentaje de clientes nuevos cada año. Por otro lado, tomando como referencia el crecimiento poblacional de la parroquia del 2,39% anual.

Los Planes que Telconet oferta para los clientes masivos o residenciales son los siguientes:

Tabla 19.- Planes de servicio

Servicio	Costo mensual	Proyección de clientes	Ingresos mensuales
Plan home 40 Mbps	\$ 27,96	425	\$ 11.883,00
Plan home 60 Mbps	\$ 35,28	300	\$ 10.584,00
Plan home 80 Mbps	\$ 40,31	210	\$ 8.465,10
Plan home 100 Mbps	\$ 46,48	89	\$ 4.136,72
Total ingresos mensuales		1024	\$ 35.068,82

Por lo expuesto anteriormente se calcula el crecimiento en las ventas y los valores de ingresos anuales.

Tabla 20.- Proyección de ingresos anuales

SERVICIO	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
Plan home 40 Mbps	\$ 142596,00	\$ 146004,04	\$ 149493,54	\$ 153066,44	\$ 156724,72
Plan home 60 Mbps	\$ 127008,00	\$ 130043,49	\$ 133151,53	\$ 136333,85	\$ 139592,23
Plan home 80 Mbps	\$ 101581,20	\$ 104008,99	\$ 106494,81	\$ 109040,03	\$ 111646,09
Plan home 100 Mbps	\$ 49640,64	\$ 50827,05	\$ 52041,82	\$ 53285,62	\$ 54559,14
Total ingresos Anuales	\$420825,84	\$ 430883,58	\$ 441181,70	\$ 451725,94	\$ 462522,19

PUNTO DE EQUILIBRIO

El punto de equilibrio es una métrica que permite a una empresa determinar el punto en el que paga sus costos y gastos. A partir de este momento se genera un beneficio o ventaja para la empresa.

Tabla 21.- Análisis punto de equilibrio

AÑO	COSTO INICIAL	COSTO FIJO (PRODUCCIÓN)	VENTAS	GANANCIAS
AÑO 1	\$213.772,28	\$19.430,00	\$420.825,84	\$187.623,56
AÑO 2	\$26.148,72	\$19.430,00	\$430.883,58	\$385.304,86
AÑO 3	\$-	\$19.430,00	\$441.181,70	\$421.751,70
AÑO 4	\$-	\$19.430,00	\$451.725,94	\$432.295,94

AÑO 5	\$-	\$19.430,00	\$462.522,19	\$443.092,19
-------	-----	-------------	--------------	--------------

2.2.2.13 Factibilidad del proyecto

Dos criterios financieros, VAN (Valor Actual Neto) y TIR (Tasa Interna de Retorno) deben ser considerados para determinar la viabilidad de un proyecto.

CALCULO DEL VAN

Antes de calcular el VAN, se debe determinar el valor correspondiente al flujo de caja efectivo neto (FENC), el cual tiene en cuenta las ventas anuales totales (ingresos) y los costos fijos de producción (gastos), tal como se describe en la tabla 19.

Tabla 22.- Calculo FENC

AÑO	INGRESOS	EGRESOS	FENC
1	\$ 420.825,84	\$ 19.430,00	\$ 401.395,84
2	\$ 430.883,58	\$ 19.430,00	\$ 411.453,58
3	\$ 441.181,70	\$ 19.430,00	\$ 421.751,70
4	\$ 451.725,94	\$ 19.430,00	\$ 432.295,94
5	\$ 462.522,19	\$ 19.430,00	\$ 443.092,19

El VAN se calcula a partir de los datos de la tabla 19, asumiendo un tipo de interés del 5%, dado que la inversión generada se realiza con fondos de TELCONET.

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+k)^t} - I_0 ; \text{Ecuación 1}$$

Donde:

V_t representa los flujos de caja en cada periodo t , I_0 es el valor de inversión inicial que es calculado como la sumatoria del costo total inicial del proyecto y el costo fijo de producción inicial, n es el número de periodos considerado y k representa el interés.

$$VAN = \frac{401395,84}{(1 + 0,05)^1} + \frac{411453,57}{(1 + 0,05)^2} + \frac{421751,70}{(1 + 0,05)^3} + \frac{432295,94}{(1 + 0,05)^4} + \frac{443092,19}{(1 + 0,05)^5} + 213.772,28$$

$$VAN = 160.8860,23$$

Con base en los cálculos, se puede concluir que el proyecto es económicamente atractivo, ya que se logra un valor de VAN mayor a 0.

CALCULO DEL TIR

Es la tasa que permite igualar el beneficio neto esperado con la inversión realizada. Es también la tasa de descuento máxima que hace rentable el proyecto por ser una tasa de interés alta que dará como resultado una ganancia neta más baja que la inversión.

La ecuación es la siguiente:

$$VAN = 0 = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+k)^t} - I_0 ; \text{Ecuación 2}$$

Se utilizó una herramienta de Excel para analizar la TIR y encontrar el valor de k que representa el interés, la cual se puede calcular fácilmente a partir de los valores FENC (Flujo de Caja Efectivo Neto) y los valores de inversión inicial descritos en la tabla 11. Esto da un valor de TIR = 12%. lo que determina el atractivo del proyecto.

a. Estrategias y/o técnicas

Para el diseño de la red se utilizó la tecnología GEPON porque trata principalmente con velocidades de transmisión simétricas de 1 y 25 Gbps y todavía se considera una de las tecnologías de red PON (fibra óptica) que es superior a la red ADSL (alambre de cobre); es decir, aguas abajo. y cargar (aguas arriba). De esta forma, permite una mejor transmisión de información en servicios empaquetados en servicios triple *play* (Internet, fijo y TV).

Se utilizó en el diseño fibra óptica pre-conectorizada porque es adecuado para ser usado en redes de fibra óptica donde se prioriza la rapidez y facilidad para realizar la conexión del cable a las cajas de distribución por medio de un adaptador compatible que brinda rigidez en la adaptación, eliminando, además, la necesidad de abrir las cajas de empalme. Está especialmente diseñado para aplicaciones de planta externa debido al tipo de cable *drop* además del alto grado de protección ambiental que posee. Son fáciles de conectar a las a las cajas de terminación óptica CTO pre-conectorizado. Los nuevos clientes se pueden activar sin abrir la caja. Por lo tanto, este material conectará la red de acceso al cliente. Por otra parte, consta de un elemento tensor fabricado en alambre de acero, que permite el paso del cable a través del alambre sin necesidad de utilizar guías de montaje.

2.3 Validación de la propuesta

Para la elección de especialistas se ha considerado un perfil acorde a los siguientes criterios: formación académica relacionada con el tema investigativo, experiencia académica y/o laboral orientada a la gestión administrativa y motivación para participar. La siguiente tabla presenta información detallada de los actores seleccionados para la validación del modelo.

Tabla 23.- Descripción de perfil de validadores

Nombres y Apellidos	Años de experiencia	Titulación Académica	Cargo
Ing. Christian Fabricio Aldaz Corrales, Mg.	13	Magister	Jefe nacional de operaciones Urbanas.
Ing. Edwin Xavier Andrango Chisaguano, Mg.	5	Magister	Coordinador rutas interurbanas.
Ing. Luis Fernanda Sánchez Ojeda	13	Magister	Coordinador rutas urbanas.

Los objetivos perseguidos mediante la validación son los siguientes:

- Validar la metodología de trabajo aplicada en el desarrollo de la investigación.
- Aprobar los resultados, conclusiones y recomendaciones obtenidas.
- Redefinir (si es necesario) el enfoque de los elementos desarrollados en la propuesta, considerando la experiencia de los especialistas.
- Constatar las posibilidades potenciales de aplicación del modelo de gestión propuesto.

Tabla 24.- Criterios de evaluación

Criterios	Descripción
Impacto	Representa el alcance que tendrá el modelo de gestión y su representatividad en la generación de valor público.
Aplicabilidad	La capacidad de implementación del modelo considerando que los contenidos de la propuesta sean aplicables
Conceptualización	Los componentes de la propuesta tienen como base conceptos y teorías propias de la gestión por resultados de manera sistémica y articulada.
Actualidad	Los contenidos de la propuesta consideran los procedimientos actuales y los cambios científicos y tecnológicos que se producen en la nueva gestión pública.
Calidad Técnica	Miden los atributos cualitativos del contenido de la propuesta.
Factibilidad	Nivel de utilización del modelo propuesto por parte de la Entidad.

Pertinencia	Los contenidos de la propuesta son conducentes, concernientes y convenientes para solucionar el problema planteado.
-------------	---

Tabla 25.- Datos validador #1

Nombres y Apellidos	Años de experiencia	Titulación Académica	Cargo
Ing. Christian Fabricio Aldaz Corrales, Mg.	13	Magister	Jefe nacional de operaciones Urbanas

Tabla 26.- Escala del validador #1

CRITERIOS	EVALUACION SEGUN IMPORTANCIA Y REPRESENTATIVIDAD				
	En total desacuerdo	En Desacuerdo	Ni de acuerdo, Ni en desacuerdo	De Acuerdo	Totalmente de acuerdo
Impacto					X
Aplicabilidad					X
Conceptualización					X
Actualidad					X
Calidad Técnica					X
Factibilidad					X
Pertinencia					X

Tabla 27.- Datos del validador #2

Nombres y Apellidos	Años de experiencia	Titulación Académica	Cargo
Ing. Edwin Xavier Andrango Chisaguano, Mg.	5	Magister	Coordinador en operaciones urbanas

Tabla 28.- Escala del validador #2

CRITERIOS	EVALUACION SEGUN IMPORTANCIA Y REPRESENTATIVIDAD
-----------	--

	En total desacuerdo	En Desacuerdo	Ni de acuerdo, Ni en desacuerdo	De Acuerdo	Totalmente de acuerdo
Impacto					X
Aplicabilidad					X
Conceptualización					X
Actualidad					X
Calidad Técnica				X	
Factibilidad					X
Pertinencia					X

Tabla 29.- Datos del validador #3

Nombres y Apellidos	Años de experiencia	Titulación Académica	Cargo
Ing. Luis Fernanda Sánchez Ojeda	13	Magister	Coordinador rutas urbanas.

Tabla 30.- Escala del validador #3

CRITERIOS	EVALUACION SEGUN IMPORTANCIA Y REPRESENTATIVIDAD				
	En total desacuerdo	En Desacuerdo	Ni de acuerdo, Ni en desacuerdo	De Acuerdo	Totalmente de acuerdo
Impacto					X
Aplicabilidad					X
Conceptualización					X
Actualidad					X
Calidad Técnica					X
Factibilidad					X

Pertinencia					x
-------------	--	--	--	--	---

2.4 Matriz de articulación de la propuesta

En la presente matriz se sintetiza la articulación del producto realizado con los sustentos teóricos, metodológicos, estratégicos-técnicos y tecnológicos empleados.

Tabla 31.- Tabla de articulación

Ejes o partes principales del proyecto		Breve descripción de los resultados de cada parte	Sustento teórico que se aplicó en la construcción del proyecto	Metodologías, herramientas técnicas y tecnológicas que se emplearon
1	Definición: de los elementos de fibra óptica para una red Gepon, revisión de nuevas tecnologías para la red.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Tablas comparativas de elementos ▪ Análisis de equipos y materiales. ▪ Tomas de decisiones en base a funcionalidades y beneficios. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Gepon ▪ FTTH ▪ Matemáticas Aplicadas ▪ Comunicaciones ópticas 	Estudio de la teoría sobre redes de fibra óptica preconectorizada.
2	Diseño: de la red Gepon, cálculos simulaciones, etc.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Redes de fth basadas en Gepon ▪ Redes preconectorizadas ▪ Anillo de fibra óptica ▪ Aplicación Google earth, arcGis. 	Diseño en arcGis, Google earth. Aplicaciones de diseño de redes ópticas (<i>Optisystem</i>).	Estudio y aplicación de diseño de redes de fibra óptica en arcGis y simulación en <i>Optisystem</i> .
3	Implementación: de la red feeder, de la red de distribución, análisis de las políticas de instalación.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Construcción planta externa ▪ Manejo de equipos de medición. ▪ Manejo de equipos de fusión 	Cableado en planta externa Instalaciones de redes ópticas Sistemas de comunicaciones	Aplicación de la definición en el diseño para la implementación de la red.

2.5 Análisis de resultados

Para el análisis de los resultados se realizó la simulación con el software OPTISYSTEM versión 18 de las tres etapas más importantes de la red como son: OLT, OND y ONT.

En la simulación del OLT se tendrá un punto de transmisor para voz y datos y un receptor para para emular la recepción de la señal emitida por las ONT.

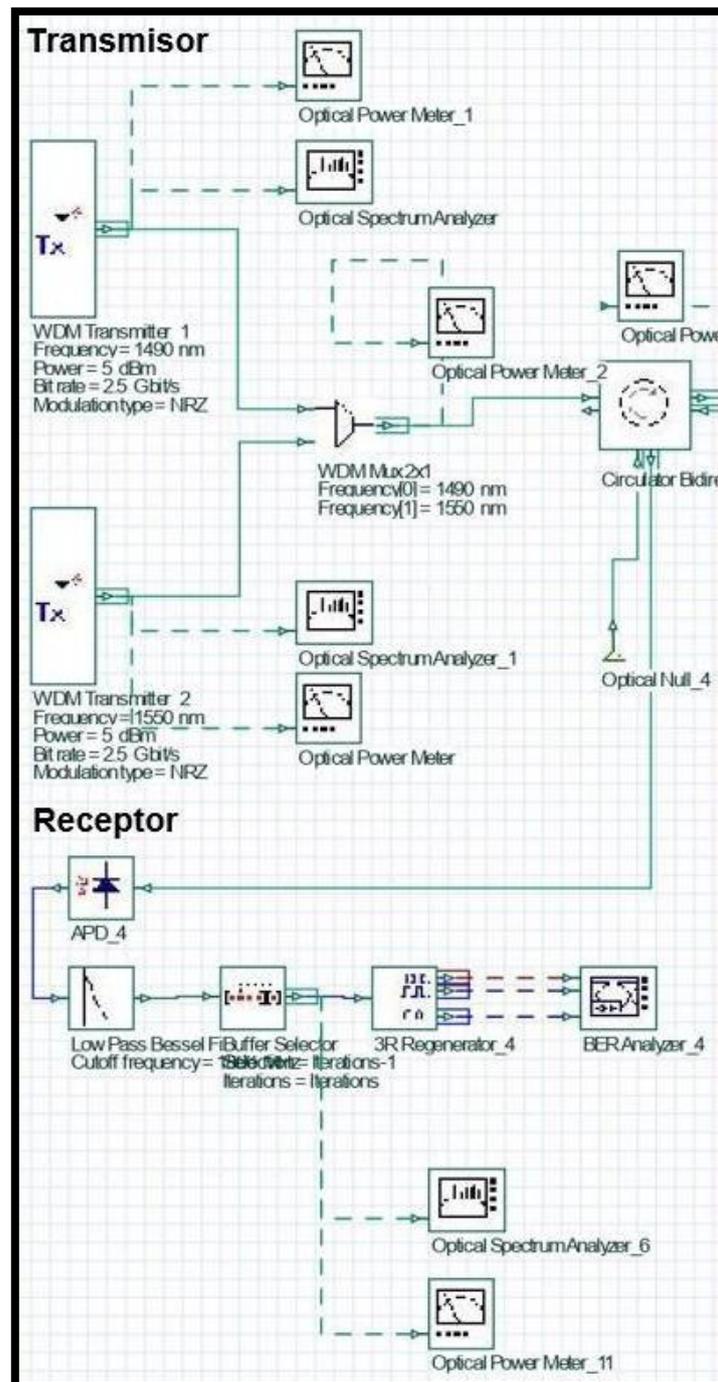


Figura 31.- Simulación OLT
Fuente: Autor

Para medir la potencia de salida de la OLT simulada se usó la herramienta de multímetro óptico con la que cuenta este sistema, y se configuró para que sea de 2dbm.

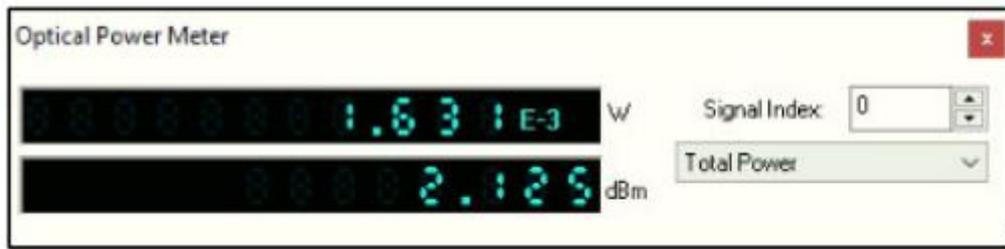


Figura 32.- Medición de potencia del OLT
Fuente: Autor

Para la etapa en la simulación de la ODN se debe colocar atenuadores ya que esta es la parte de la red que más pérdidas presenta.

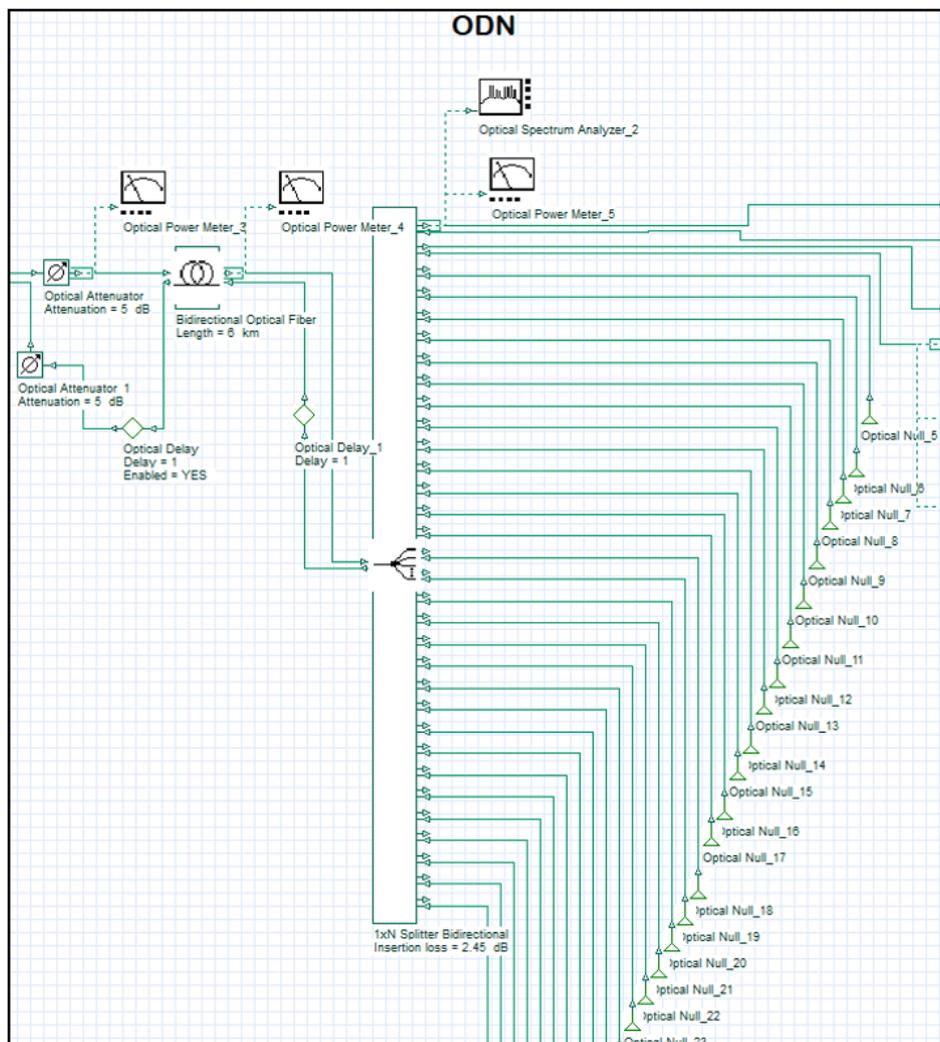


Figura 33.- Simulación de la ODN
Fuente: Autor

Para la simulación al igual que en la OLT se debe tener un trasmisor que emita información hacia el OLT y un receptor que permita recuperar la señal enviada por el OLT.

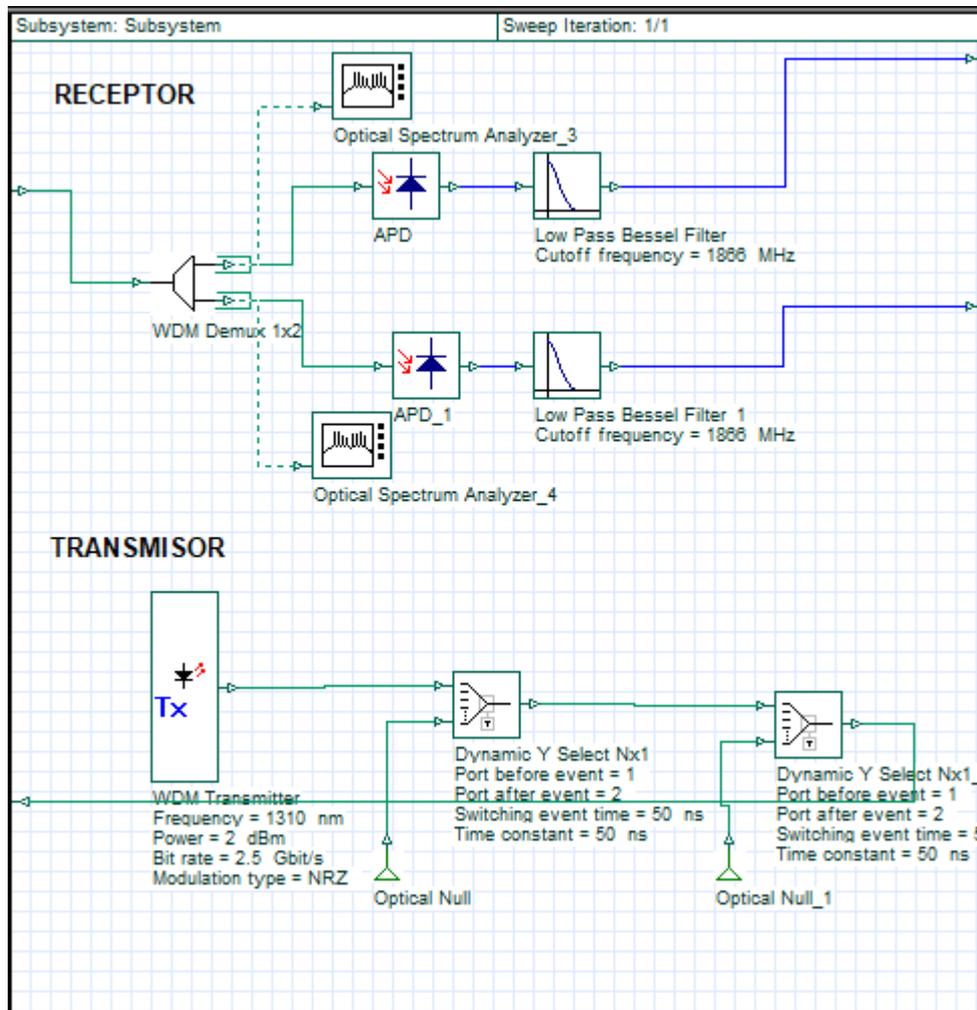


Figura 34.- Simulación del OLT

Fuente: Autor

Al igual que en la OLT para la ONT se tomó lectura de la potencia con un medidor óptico para revisar que la potencia de recepción del equipo es la adecuada y dentro de los parámetros del proyecto.



Figura 35.- Potencia en la ONT

Fuente: Autor

Se realizó la habilitación de la red y la instalación de las cajas con base al diseño presentado y el análisis de los resultados se realizó mediciones en los hilos de fibra óptica de la red utilizando un OTDR y así evidenciar los valores de pérdidas de la muestra de la red presentada en los cálculos, los valores de pérdidas, las pérdidas de retorno y las distancias de la red que se encuentren dentro de los estándares de redes GPON. El resultado total de las mediciones se puede revisar en el anexo 5.



Figura 36.- Caja instalada
Fuente: Autor

La medición de potencia realizada en las CTO más cercana y más lejana de la red muestra que los parámetros corresponden al valor de potencia máxima obtenido previamente de los cálculos del presupuesto óptico. Se obtiene como resultado una potencia promedio en las cajas de

distribución de segundo nivel de aproximadamente -20.00dBm, por lo tanto, la red no presentará inconvenientes al transmitir altas velocidades conforme las necesidades de los clientes.

Resultados de iOLM

Longitud de tramo: 9.1744 km
 Estado de adquisición: Finalizada

Longitud de onda (nm)	Pérdida de tramo (dB)	ORL de tramo (dB)
1625	2.191	34.94

Vista de tramo



Gráfico OTDR

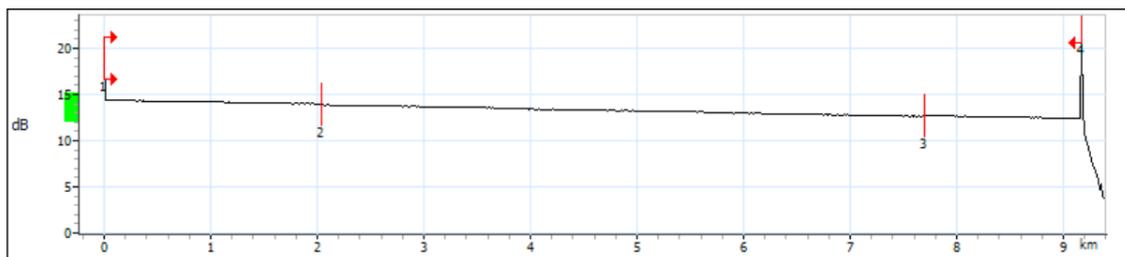


Figura 37.- Trazo Tubo Azul Hilo Verde

Resultados de iOLM

Longitud de tramo: 9.1753 km
Estado de adquisición: Finalizada

Longitud de onda (nm)	Pérdida de tramo (dB)	ORL de tramo (dB)
1625	2.328	34.87

Vista de tramo

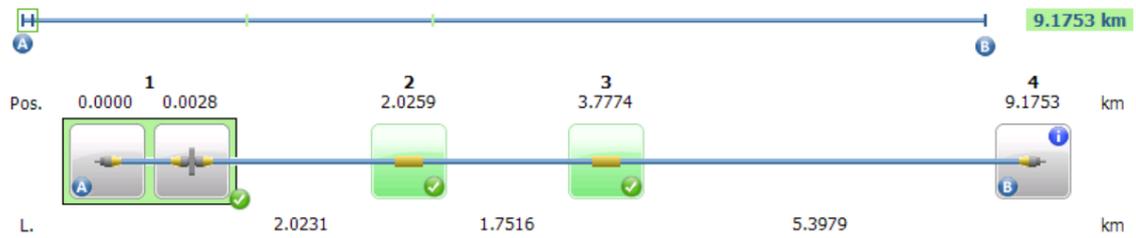


Gráfico OTDR

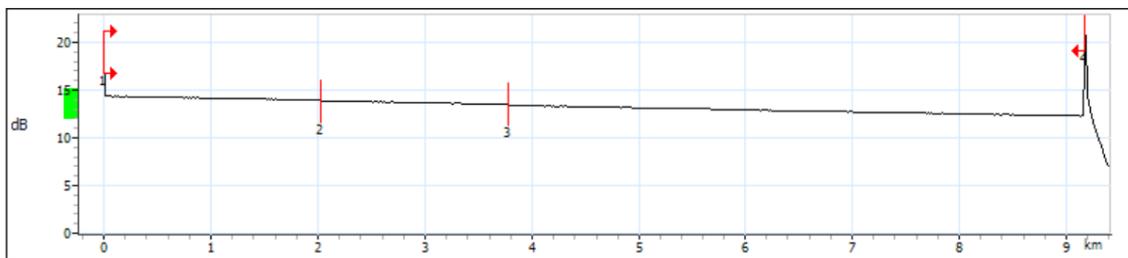


Figura 38.- Traza Tubo Azul Hilo Café

Resultados de iOLM

Longitud de tramo: 9.707 km
Estado de adquisición: Finalizada

Longitud de onda (nm)	Pérdida de tramo (dB)	ORL de tramo (dB)
1625	2.376	34.22

Vista de tramo

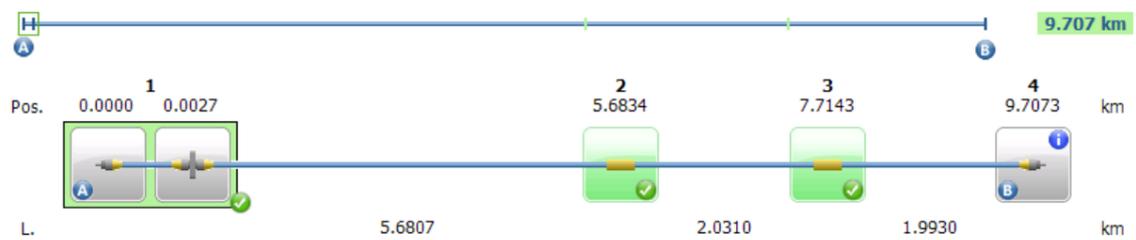


Gráfico OTDR

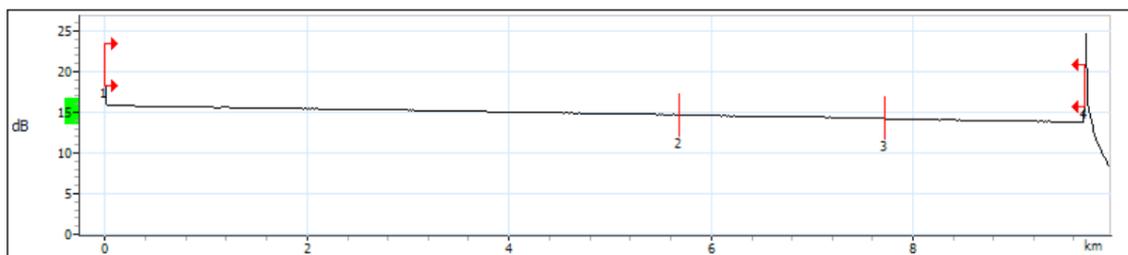


Figura 39.- Traza Tubo Azul Hilo Gris

CONCLUSIONES

De los estudios y pruebas realizadas, se concluye que la factibilidad técnica del proyecto es viable, ya que los parámetros obtenidos se encuentran dentro de las condiciones normales de operación de los elementos activos de la red, además, la distancia de instalación de toda la red física no supera el valor máximo de sugerido de 20 km.

Gracias al uso especializado del Arcgis combinado con el REDATAM del INEC que permitió realizar un diseño adecuado de la red acorde a la evaluación de varios indicadores como población y vivienda. Que permitirá mejorar los tiempos de instalación y soporte según la data técnica de los elementos utilizados en la implementación del diseño.

Se pudo realizar la implementación del diseño gracias a las consideraciones generales, requerimientos técnicos y criterios de diseño para la expansión de la red de fibra óptica de TELCONET S.A. que están basados en recomendaciones y estándares de organismos internacionales que rigen el mercado mundial de las telecomunicaciones, tales como IEEE, ITU-T, así como en base a la implementación de ARCOTEL. En Ecuador, uso en telecomunicaciones Normas técnicas y leyes que rigen el despliegue y despliegue de redes físicas en este sector. TELCONET cuenta con un catálogo diverso y completo de componentes activos y pasivos certificados, lo que le permite elegir componentes de calidad para la implementación de la red.

El cálculo del presupuesto de luz se realizó en dos casos diferentes, uno para el cliente más lejano y otro para el cliente más cercano, cada uno de los cuales está relacionado con la distancia entre la unidad OLT y su ONT correspondiente. Por lo tanto, la pérdida de potencia total para el cliente más lejano es de 26,23 dB, mientras que la pérdida de potencia total para el cliente más cercano es de 25,64 dB con un margen de seguridad de 3,0 dB. Con estos cálculos se determina el balance óptico de la potencia recibida utilizando un láser Clase B+ entre la OLT y la ONT según la recomendación ITU-T G.984.2, que permite una sensibilidad de recepción mínima de -28 dBm. Por lo tanto, la potencia de recepción del dispositivo cliente más lejano es de -23,23 dBm y la potencia de recepción del dispositivo cliente más cercano es de -22,64 dBm, ambas superiores a la sensibilidad permitida por el estándar ITU (-28 dBm), lo que indica que el dispositivo receptor de la ONT puede operar.

RECOMENDACIONES

Para que la red de acceso GEAPON funcione normalmente, es necesario comprar equipos activos de un fabricante, principalmente OLT y ONT, para garantizar la compatibilidad y no afectar el entorno de producción. Esto se debe a que su interoperabilidad no está 100% probada. Si bien solo unos pocos fabricantes pueden proporcionar esto, otros no, especialmente porque son equipos de fácil acceso a la homologación ARCOTEL (Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones), que verifica que este equipo cumpla con todos los requisitos técnicos para su correcto funcionamiento en la red de telecomunicaciones del Ecuador.

Los técnicos de operaciones y mantenimiento deben seguir las especificaciones de cada fabricante para los equipos de red troncal y de distribución y los equipos terminales (última milla) para evitar daños a dichos equipos. Asimismo, para trabajar con fibra óptica pre-conectorizada se necesita contar con personal capacitado en el equipo externo para realizar el empalme de líneas de fibra óptica, instalación de terminaciones, montaje de caja de conexiones, codificación de líneas de fibra óptica, etc. Las fibras son un medio de transmisión que debe manejarse de manera diferente y correcto.

Los conectores ópticos son el elemento básico que conecta todos los elementos de la red, por lo que deben mantenerse en buen estado para que las conexiones no se ensucien ni dañen. Esto asegurará que todos los dispositivos funcionen correctamente. Los conectores dañados o sucios pueden causar: resultados de prueba erróneos, mala transmisión con alta pérdida de inserción (IL) o pérdida de retorno óptico (ORL), daño permanente de la conexión durante la transmisión de alta potencia, daño físico, entre otros.

Los empalmes de fibra óptica son puntos que deben ejecutarse con precisión, alta impedancia y baja pérdida, ya que la desalineación del núcleo de la fibra puede causar pérdida de empalme o falta de coincidencia del núcleo y dar como resultado señales ópticas atenuadas. Además, las conexiones deficientes a menudo aumentan la pérdida de inserción del componente en la ODN (divisor o divisor óptico, buje, etc.), lo que contribuirá al presupuesto general de pérdida de energía. Por lo tanto, si la ODN tiene demasiados enlaces defectuosos o uno tiene demasiadas pérdidas, es posible que no se alcance el presupuesto de potencia óptica, lo que provocará que la red de acceso no funcione correctamente o no proporcione los servicios necesarios.

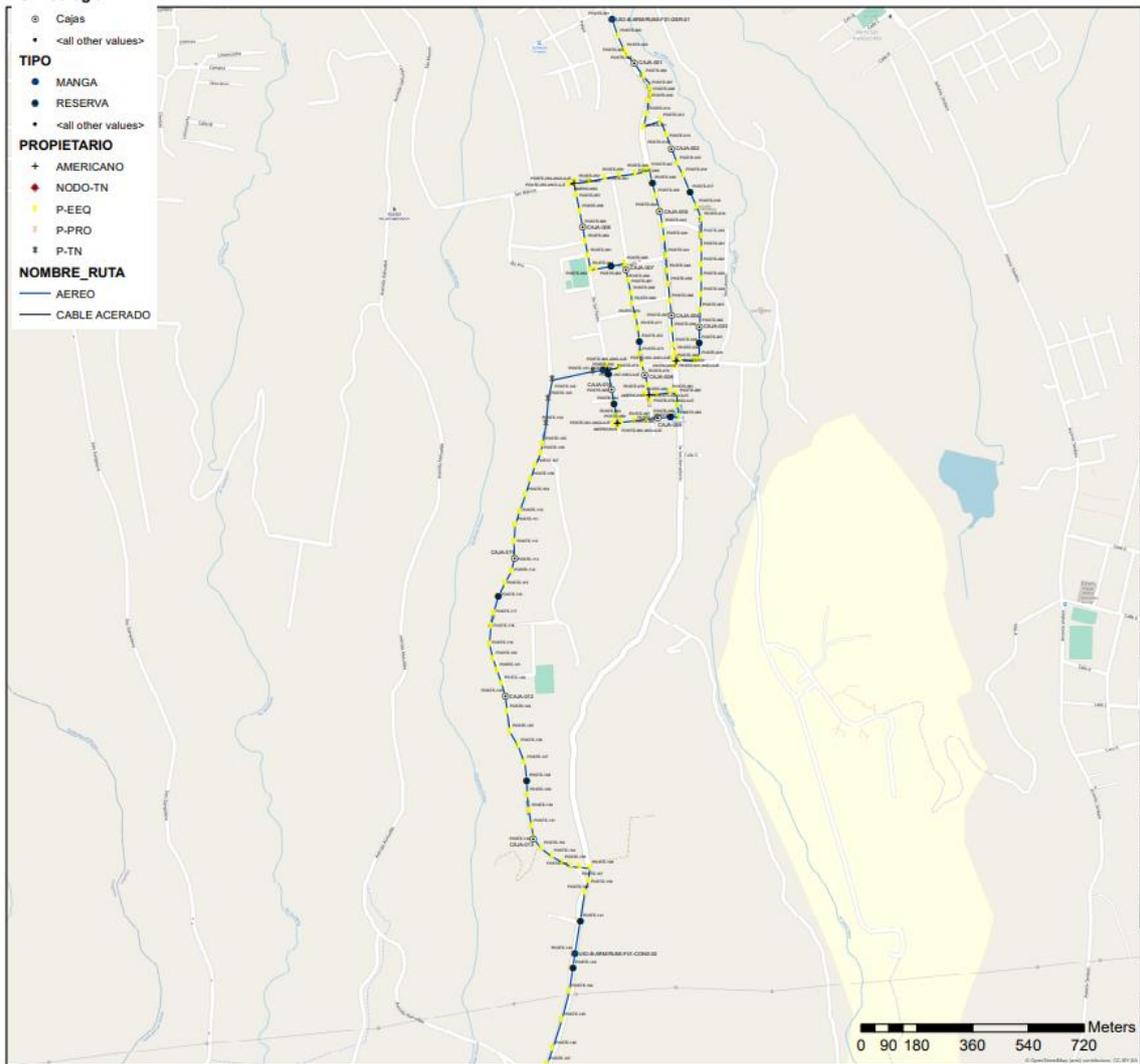
BIBLIOGRAFÍA

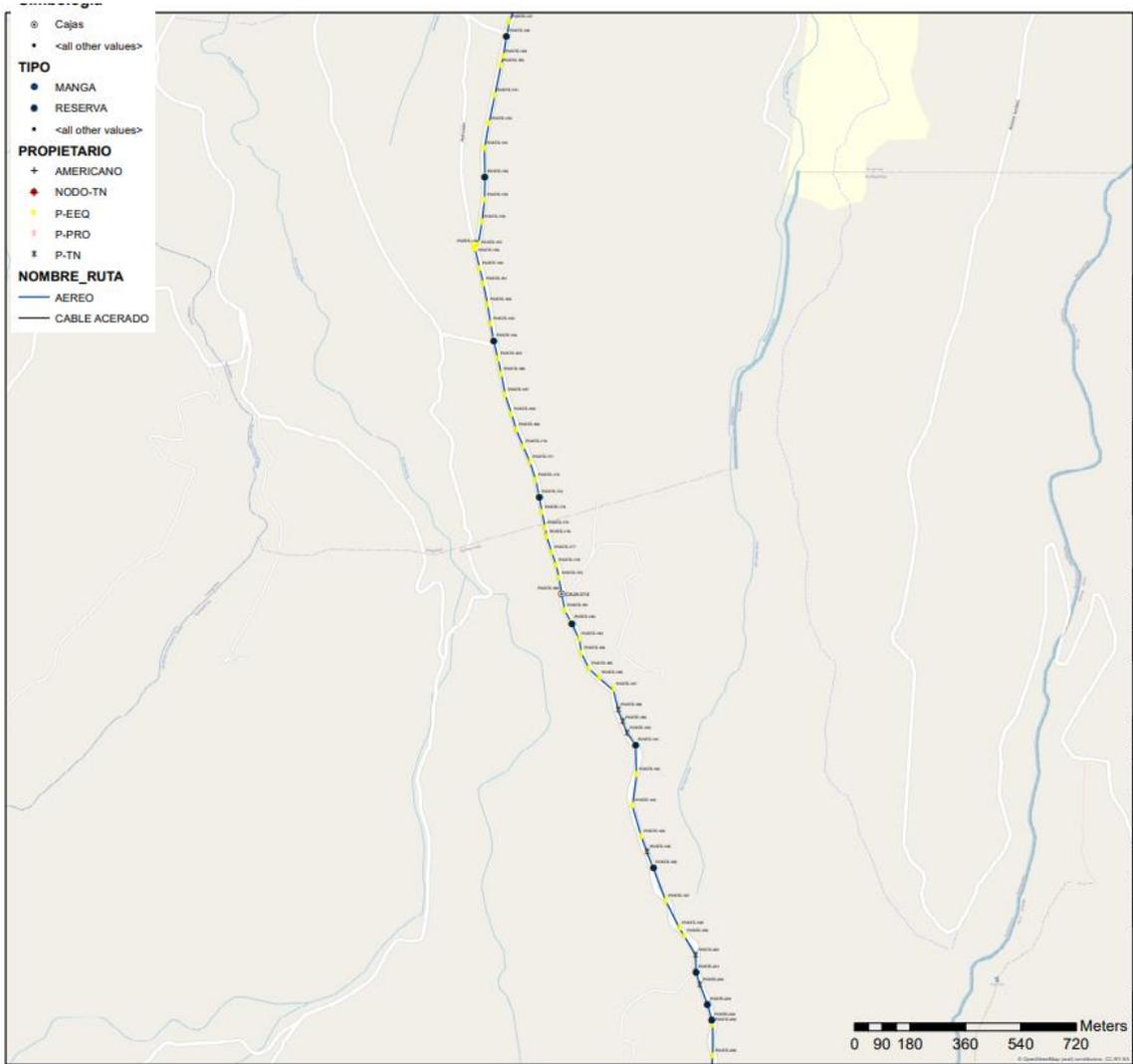
- Alcatel-Lucent. (2018). Sistemas y Redes de Fibra óptica. Sistemas y Redes de Acceso, (págs. 2-51).
- ALTICE LABS. (s.f.). ALTICE LABS. Obtenido de http://www.alticelabs.com/content/products/BR_NGPON2_ALB_EN.pdf
- ARCOTEL. (2019). NORMA PARA LA IMPLEMENTACIÓN Y OPERACION DE SISTEMAS DE MODUCLACION DIGITAL DE BANDA ANCHA. Obtenido de <http://www.arcotel.gob.ec/wp-content/uploads/2019/11/Norma+MDBA.pdf>
- ARCOTEL. (26 de octubre de 2019). Obtenido de ARCOTEL: http://www.arcotel.gob.ec/wpcontent/uploads/2019/02/029_norma-tecnica-despliegue-redes-fisicas-serviciostelecomunicaciones.pdf
- ARCOTEL. (2017). INSTRUCTIVO PARA LA ENTREGA DE LA INFORMACIÓN GEO REFERENCIADA DE LAS REDES FISICAS DE LOS SERVICIOS DEL REGIMEN GENERAL DE TELECOMUNICACIONES Y REDES PRIVADAS. Obtenido de http://www.arcotel.gob.ec/wpcontent/uploads/2018/01/Instructivo_georeferenciacion.pdf
- ARCOTEL. (s.f.). Formularios registro de Modificación y Ampliación de Infraestructura ATH. Obtenido de <http://www.arcotel.gob.ec/formulario-de-registro-de-infraestructuramodificaciones-y-ampliaciones/>
- CALIX. (s.f.). Next-Generation PON. Eliminating physical constraints from the access network, (págs. 1-4).
- TELCONET S.A. (2022). NORMAS DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE REDES DE TELECOMUNICACIONES CON FIBRA OPTICA., (págs. 1-99).
- ESRI. (2019). Introducción al tutorial de representaciones cartográficas. Obtenido de ARCGIS FOR DESKTOP.

ANEXOS

ANEXO 1

PLANO DEL DISEÑO DE LA RUTA

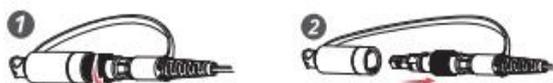




MANUAL DE USUARIO DEL OPTITAP DE LA FIBRA PRECONECTORIZADA

1 Slim Connector

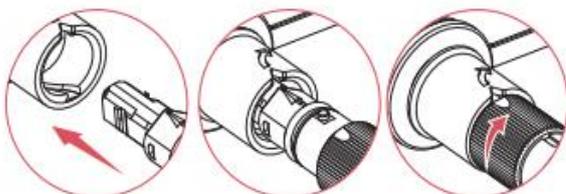
⚠ Plug in Optical Adapter/ Encaixe no Adaptador Óptico/ Encaje en el Adaptador Óptico



⚠ Always have a cleaning tool available to remove dirt. In case of damage to the connector, check it using a microscope.
PT Tenha sempre disponível uma ferramenta de limpeza para remover sujeiras. Em caso de avaria ao conector, verifique utilizando microscópio.
ES Tenga siempre disponible una herramienta de limpieza para eliminar las suciedades. En caso de avería del conector, compruebe el uso del microscopio.



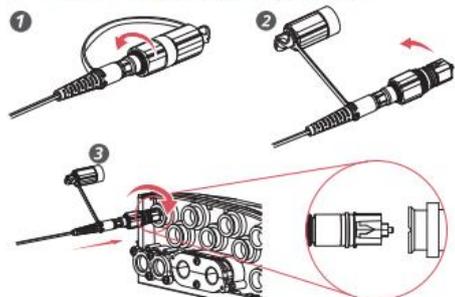
3 To assure the correct assembly of the optical conector and adapter, align the chanfreo in the adapter to the mark in the metallic piece.
PT Para garantir o encaixe entre o conector óptico e o adaptador, alinhe a marcação da baloneta com o chanfro do adaptador óptico.
ES Para garantizar la conexión entre el conector óptico y el adaptador, alinee la marcación de la pieza metálica con el chanfro del adaptador.



FURUKAWA ELECTRIC

2 SlimConnector with Translator/ SlimConnector com Tradutor/ SlimConnector con Traductor

⚠ Plug in Optical Adapter/ Encaixe no Adaptador Óptico/ Encaje en el Adaptador Óptico



Translator Plug / Encaixe do Tradutor/ Encaje del Traductor

- If it is necessary to plug again.
- Se necessário realizar novamente o encaixe.
- Si necesario realizar nuevamente el encaje.



⚠ Attention/ Atencão/Atención

- EN** The SlimConnector must be always closed completely. After connecting it to the adapter, the connector must be completely mounted on the adapter.
- PT** Os conectores SlimConnector devem sempre estar fechados por completo. Ao realizar a conexão, o conector deve estar montado completamente no adaptador.
- ES** Los conectores SlimConnector siempre deben estar completamente cerrados. Al realizar la conexión, el conector debe estar completamente montado en el adaptador.

ANEXO 3

ESPECIFICACIÓN TÉCNICA DE LA FIBRA PRECONECTORIZADA



ESPECIFICACIÓN TÉCNICA
ET04064 v10 - 20/05/2022



DROP PRECONECTORIZADO CIRCULAR SLIMCONNECTOR



Descripción	Los Cables Ópticos Drop pre-conectorizados son fácilmente conectados a las cajas de terminación óptica CTO Pre-conectorizado. No hay necesidad de abrir la caja para la activación de nuevos clientes.
Aplicación	Cable Drop Pre-conectorizado para Cajas Ópticas Pre-conectorizadas
Ventajas	<ul style="list-style-type: none"> • Flexibilidad y facilidad de expansión sin degradación de la calidad; • Garantiza un alto rendimiento y fiabilidad en la gestión del cableado óptico; • Instalación y reconfiguración rápida y fácil; • Manejo sencillo, sin necesidad de herramientas especiales; • Diseñado para soportar una tensión máxima axial de 22,7kg en el conector; • Carga máxima de operación de 1200N en el cable; • Diseñado para cajas de conexión externas de la red de acceso; • IP 68.
Ambiente de Instalación	Interior/Exterior
Ambiente de Operación	Aérea autosoportada
Temperatura de Operación (°C)	-25°/+75°
Longitud	100, 150, 200, 250, 300 y 350m* *Otras longitudes se pueden pedir bajo análisis previo.
Color	Negro
Tipo de Cable	Drop Circular 5mm (+/- 0.1mm)
Tipo de Conector	Slimconnector (1 o 2 puntas).
Tipo de la Fibra	G-657 BLI-A/B, 9/125µm
Tipo de Pulido	APC
Pérdida de Inserción (dB)	<ul style="list-style-type: none"> • ≤0,15 dB - Típica • ≤0,30 dB - Máxima



Este documento técnico es de propiedad y propiedad exclusiva de Furukawa Electric Ltd/Am S. A. Está prohibida su reproducción total o parcial sin mencionar su autoría, así como la modificación de su contenido o contexto. Todas las especificaciones están sujetas a cambios sin previo aviso.

1/2

Pérdida de Retorno (dB)	≥ 65dB	
Cantidad de Fibras	1 Fibra Óptica	
Grado de Flamabilidad	Cable óptico con el revestimiento ignífugo del tipo LSZH (Low Smoke Zero Halogen) de baja producción de humo y gases tóxicos, y libre de halógenos.	
Resistencia a Tracción	Cable Drop	
	Carga Máxima de Operación	1200N
	Conector	
	Tracción Axial	22,7 kg
	Tracción Axial en el Adaptador	22,7 kg
Compatibilidad	Compatible con estándar SlimConnector.* *A través de la utilización de traductores puede ser compatible con otros estándares de productos preconectorizados. Accesorios compatibles: MACLEAN: Esticador preformado para cable óptico de 5 mm + Gancho D.26 x 72; CG3: Alça Preformada 5mm - 2V - Cod.: T1.001.034 . KONEKT: AN542417: Tensor universal (4 a 6 mm) y gancho de metal 540250 (talla única).	
Embalaje	Rollo dentro de una caja de cartón	
Garantía	12 meses	
Norma	IEC 61300	

[Codificación](#)

ANEXO 4

CERTIFICACIONES DE HILOS CON EL OTDR

Informe de iOLM



Correcto

Información general

Nombre de archivo: T_CEL_H_AZU.iolm
Fecha de la prueba: 9/9/2022
Hora de la prueba: 12:26:56 PM
ID de trabajo:
Comentarios:

Cliente:
Empresa:

Ubicaciones

	Ubicación A	Ubicación B
Operario		
Modelo	MAX-730C-SM6-EA	
Número de serie	1281142	
Fecha de calibración	2/25/2022 (UTC)	

Identificadores

Cable ID	Fiber ID
	Fiber2

Resultados de iOLM

Longitud de tramo: 9.1744 km
Estado de adquisición: Finalizada

Longitud de onda (nm)	Pérdida de tramo (dB)	ORL de tramo (dB)
1625	2.191	34.94

Vista de tramo

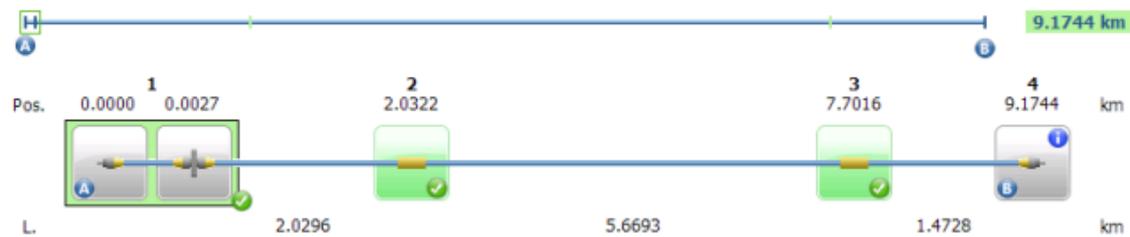
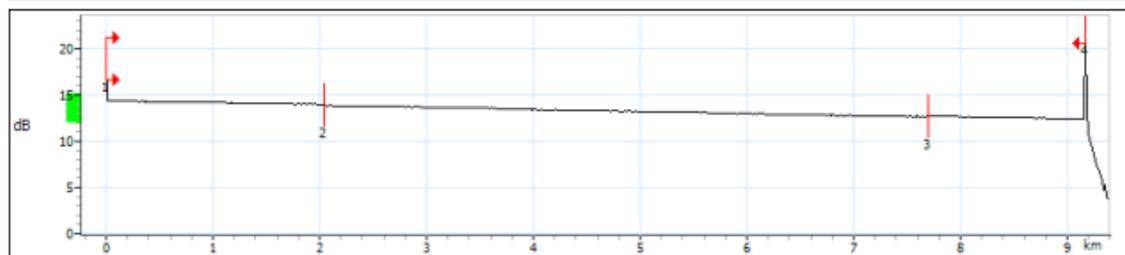


Gráfico OTDR



Firma: _____

Fecha: 09/09/2022

Página 1 de 2

Informe de iOLM



Información general

Nombre de archivo: T_CEL_H_BLA.iolm
Fecha de la prueba: 9/9/2022
Hora de la prueba: 12:39:40 PM
ID de trabajo:
Comentarios:

Cliente:
Empresa:

Ubicaciones

	Ubicación A	Ubicación B
Operario		
Modelo	MAX-730C-SM6-EA	
Número de serie	1281142	
Fecha de calibración	2/25/2022 (UTC)	

Identificadores

Cable ID	Fiber ID
	Fiber2

Resultados de iOLM

Longitud de tramo: 9.1744 km
Estado de adquisición: Finalizada

Longitud de onda (nm)	Pérdida de tramo (dB)	ORL de tramo (dB)
1625	2.331	34.91

Vista de tramo

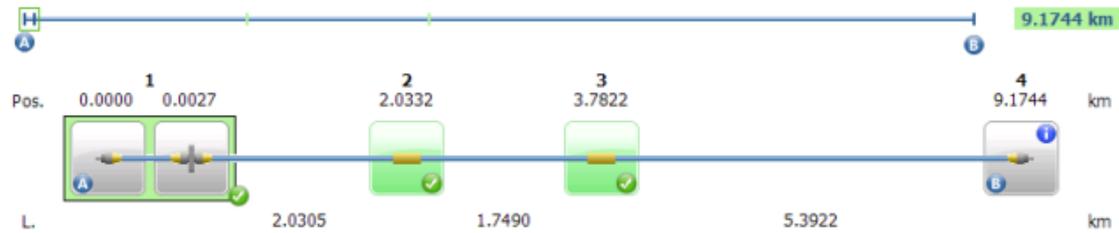
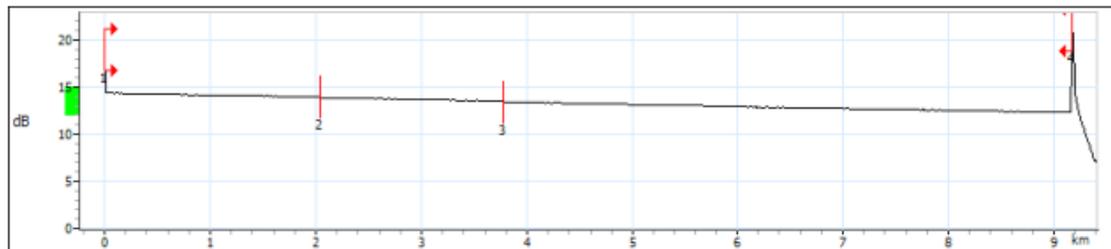


Gráfico OTDR



Firma: _____

Fecha: 09/09/2022

Página 1 de 2

Informe de iOLM



Información general

Nombre de archivo: T_CEL_H_GRLiolm
Fecha de la prueba: 9/9/2022
Hora de la prueba: 12:38:08 PM
ID de trabajo:
Comentarios:

Cliente:
Empresa:

Ubicaciones

	Ubicación A	Ubicación B
Operario		
Modelo	MAX-730C-SM6-EA	
Número de serie	1281142	
Fecha de calibración	2/25/2022 (UTC)	

Identificadores

Cable ID	Fiber ID
	Fiber2

Resultados de iOLM

Longitud de tramo: 9.1753 km
Estado de adquisición: Finalizada

Longitud de onda (nm)	Pérdida de tramo (dB)	ORL de tramo (dB)
1625	2.328	34.87

Vista de tramo

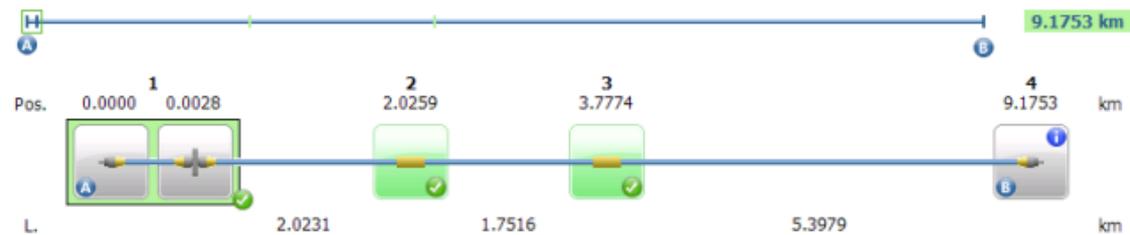
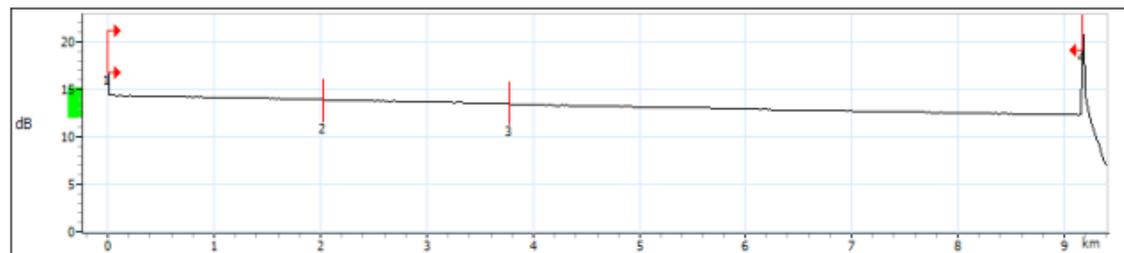


Gráfico OTDR



Firma: _____

Fecha: 09/09/2022

Página 1 de 2

Informe de iOLM



Información general

Nombre de archivo: T_CEL_H_NAR.iolm
Fecha de la prueba: 9/9/2022
Hora de la prueba: 12:29:02 PM
ID de trabajo:
Comentarios:

Cliente:
Empresa:

Ubicaciones

	Ubicación A	Ubicación B
Operario		
Modelo	MAX-730C-SM6-EA	
Número de serie	1281142	
Fecha de calibración	2/25/2022 (UTC)	

Identificadores

Cable ID	Fiber ID
	Fiber2

Resultados de iOLM

Longitud de tramo: 9.1747 km
Estado de adquisición: Finalizada

Longitud de onda (nm)	Pérdida de tramo (dB)	ORL de tramo (dB)
1625	2.685	35.04

Vista de tramo

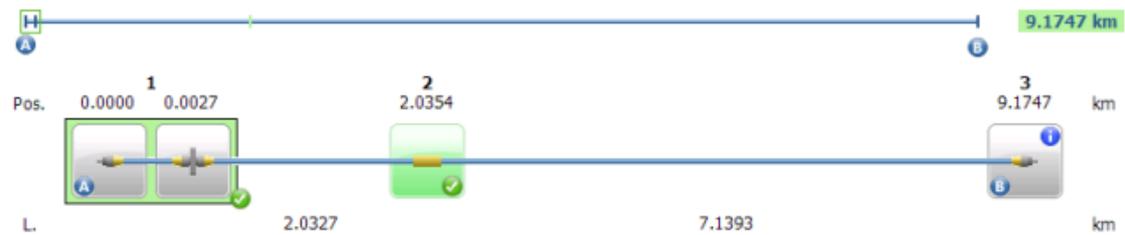
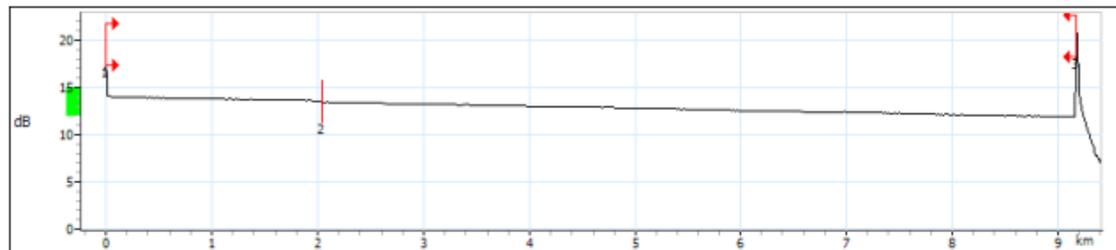


Gráfico OTDR



Firma: _____

Fecha: 09/09/2022

Página 1 de 2

Informe de iOLM



Información general

Nombre de archivo: T_CEL_H_VER.iolm
Fecha de la prueba: 9/9/2022
Hora de la prueba: 12:31:34 PM
ID de trabajo:
Comentarios:

Cliente:
Empresa:

Ubicaciones

	Ubicación A	Ubicación B
Operario		
Modelo	MAX-730C-SM6-EA	
Número de serie	1281142	
Fecha de calibración	2/25/2022 (UTC)	

Identificadores

Cable ID	Fiber ID
	Fiber2

Resultados de iOLM

Longitud de tramo: 9.1750 km
Estado de adquisición: Finalizada

Longitud de onda (nm)	Pérdida de tramo (dB)	ORL de tramo (dB)
1625	2.343	34.18

Vista de tramo

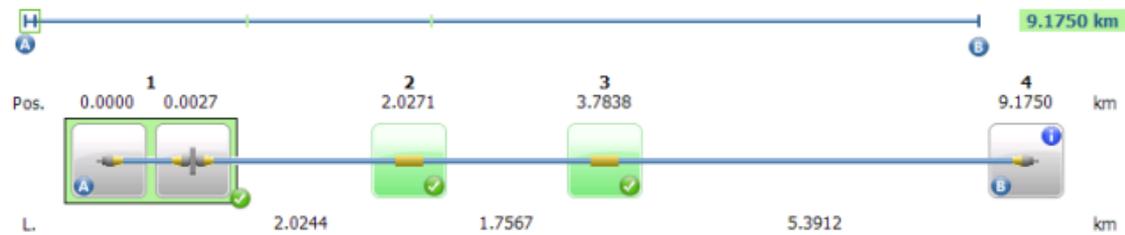
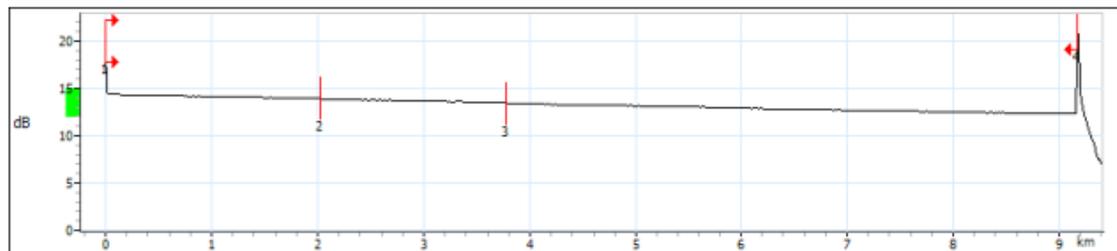


Gráfico OTDR



Firma: _____

Fecha: 09/09/2022

Página 1 de 2

ANEXO 5

ACTAS DE VALIDACIÓN DE LOS ESPECIALISTAS



Yo, **ALDAZ CORRALES CHRISTIAN FABRICIO**, con C.I 1715588016, en mi calidad de validador de la propuesta del proyecto titulado: **Desarrollo de una red FTTH pre-conectorizada en la Parroquia Rumipamba.**

Elaborado por el Ing. **RICARDO MANUEL TIRIRA SÁNCHEZ**, con C.I 1717566143, estudiante de la Maestría en Telecomunicaciones, mención gestión de las telecomunicaciones de la Universidad Tecnológica Israel (UISRAEL), como parte de los requisitos para obtener el Título de Magister, me permito declarar haber revisado el proyecto y realizado la evaluación de criterios.

Quito D.M., 08 de septiembre de 2022

ALDAZ CORRALES CHRISTIAN FABRICIO
C.I 1715588016
Registro SENESCYT 1027-2017-1818196



Yo, **SANCHEZ OJEDA LUISA FERNANDA**, con C.I 0603985557, en mi calidad de validador de la propuesta del proyecto titulado: **Desarrollo de una red FTTH pre-conectorizada en la Parroquia Rumipamba**.

Elaborado por el Ing. **RICARDO MANUEL TIRIRA SÁNCHEZ**, con C.I 1717566143, estudiante de la Maestría en Telecomunicaciones, mención gestión de las telecomunicaciones de la Universidad Tecnológica Israel (UISRAEL), como parte de los requisitos para obtener el Título de Magister, me permito declarar haber revisado el proyecto y realizado la evaluación de criterios.

Quito D.M., 08 de septiembre de 2022

SANCHEZ OJEDA LUISA FERNANDA

C.I 0603985557

Registro SENESCYT 1027-2016-1673725



Yo, **ANDRANGO CHISAGUANO EDWIN XAVIER**, con C.I 0502882319, en mi calidad de validador de la propuesta del proyecto titulado: **Desarrollo de una red FTTH pre-conectorizada en la Parroquia Rumpamba.**

Elaborado por el Ing. **RICARDO MANUEL TIRIRA SÁNCHEZ**, con C.I 1717566143, estudiante de la Maestría en Telecomunicaciones, mención gestión de las telecomunicaciones de la Universidad Tecnológica Israel (UISRAEL), como parte de los requisitos para obtener el Título de Magister, me permito declarar haber revisado el proyecto y realizado la evaluación de criterios.

Quito D.M., 08 de septiembre de 2022

ANDRANGO CHISAGUANO EDWIN XAVIER, I
0502882319
Registro SENESCYT 1051-2022-2459308