



Universidad
Nacional
de Loja

Universidad Nacional de Loja

**Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales
no Renovables.**

Maestría en Telecomunicaciones

**Diseño de un enlace backup de fibra óptica, para la Corporación Nacional de
Telecomunicaciones CNT EP, cantón Chinchipe, provincia Zamora Chinchipe.**

Trabajo de Titulación previa a la obtención del
título de Magíster en Telecomunicaciones

AUTOR:

Ing. Jean Carlos Jumbo Carrión

DIRECTOR:

Ing. Christian Hernán Campoverde Ramírez, Mg. Sc.

Loja-Ecuador

2023



Certificación

Loja, 04 de septiembre de 2023

Ing. Christian Hernán Campoverde Ramírez Mg. Sc.

DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN

CERTIFICO:

Que he revisado y orientado todo proceso de la elaboración del Trabajo de Titulación denominado: **Diseño de un enlace backup de fibra óptica, para la Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT EP, cantón Chinchipe, provincia Zamora Chinchipe**, previo a la obtención del título de **Magíster en Telecomunicaciones**, de la autoría del estudiante **Jean Carlos Jumbo Carrión**, con cedula de identidad Nro. **1900394261**, una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos exigidos por la Universidad Nacional de Loja para el efecto, autorizo la presentación para la respectiva sustentación y defensa.

Ing. Christian Hernán Campoverde Ramírez Mg. Sc.

DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN



Autoría

Yo, **Jean Carlos Jumbo Carrión**, declaro ser autor del Trabajo de Titulación y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos de posibles reclamos y acciones legales, por el contenido del mismo. Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja la publicación del trabajo de titulación en el Repositorio Digital Institucional – Biblioteca Virtual.

Firma:

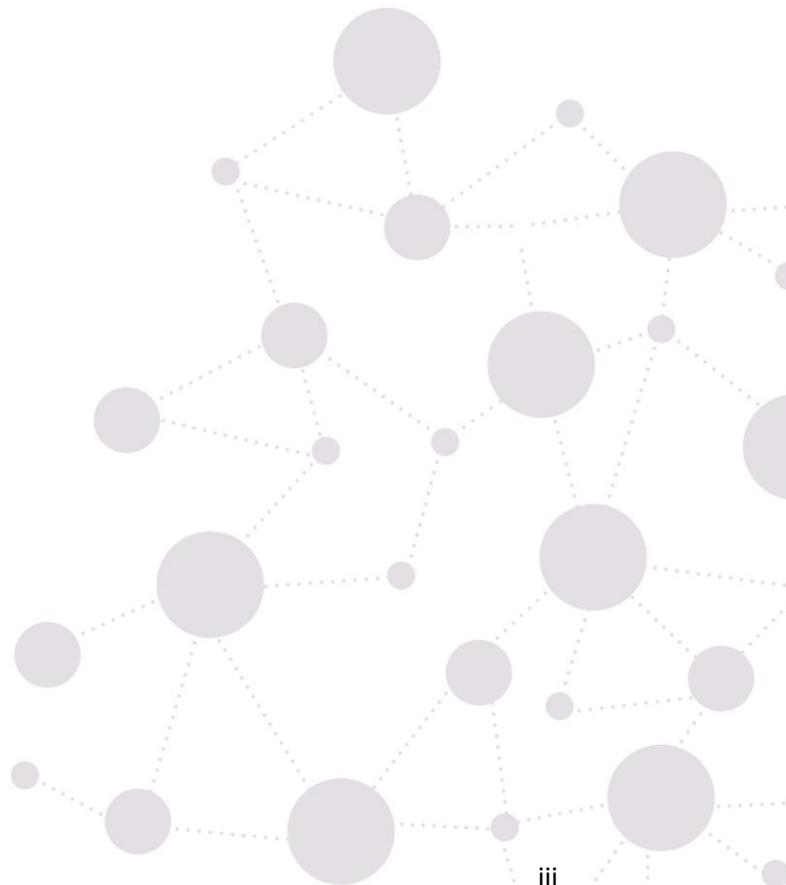
Autor: Jean Carlos Jumbo Carrión

Cédula de Identidad: 1900394261

Fecha: 04 de septiembre 2023

Correo electrónico: jcjean9256@gmail.com

Teléfono: 0980062630





Carta de autorización por parte del autor, para consulta, reproducción parcial total y/o publicación electrónica de texto completo, del Trabajo de Titulación.

Yo, **Jean Carlos Jumbo Carrión**, declaro ser autor del Trabajo de Titulación denominado: **Diseño de un enlace backup de fibra óptica, para la Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT EP, cantón Chinchipe, provincia Zamora Chinchipe**, como requisito para optar el título de Magíster Telecomunicaciones, autorizo al sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que con fines académicos muestre la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Institucional.

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el Repositorio Institucional, en las redes de información del país y del exterior con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia del trabajo de investigación que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los cuatro días del mes de septiembre de dos mil veintitrés.

Firma:

Autor: Jean Carlos Jumbo Carrión

Cédula: 1900394261

Dirección: Av. Manuel Agustín Aguirre entre Malvinas y Chile

Correo Electrónico: jcjean9256@gmail.com

Teléfono: 0980062630

DATOS COMPLEMENTARIOS:

Director del Trabajo de Titulación: Ing. Christian Hernán Campoverde Ramírez, Mg. Sc.



unl

Universidad
Nacional
de Loja

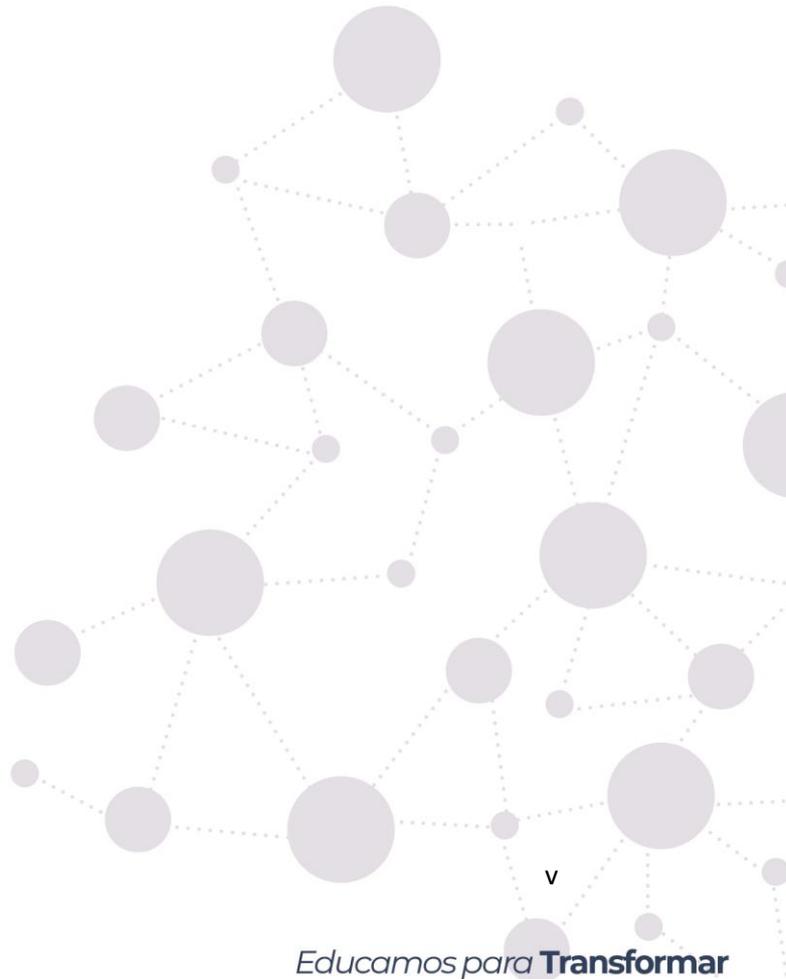
POSGRADO

Maestría en
Telecomunicaciones

Dedicatoria

El presente Trabajo de Titulación va dedicado a mi esposa Andrea, a mis hijos José Miguel y Doménica Valentina, por su incansable apoyo en el tiempo que se dedica a este tipo de especialización, a la par son ellos quienes me motivan día a día a seguir a delante a cumplir los objetivos personales, familiares y profesionales.

Jean Carlos Jumbo Carrión





Agradecimiento

Primeramente agradezco a Dios por la vida, a mis padres quienes siempre me inculcan la preparación y ganas de superación, a mi tutor por compartir sus conocimientos y experiencias para lograr realizar este trabajo, así mismo mi agradecimiento a la Universidad Nacional de Loja y por su intermedio a los docentes, personal administrativo y todos quienes hicieron posible este programa de maestría por creer y seguir inspirando sabiduría desde el sur del País a todos los profesionales de esta linda especialización como son las Telecomunicaciones.

Jean Carlos Jumbo Carrión



Índice de Contenidos

Portada	i
Certificación	ii
Autoría	iii
Carta de autorización	iv
Dedicatoria	v
Agradecimiento	vi
Índice de Contenidos	vii
Índice de Tablas:	x
Índice de Figuras:	xi
Índice de Fórmulas:	xiv
Índice de Anexos:	xv
1. Título	1
2. Resumen	2
2.1. Abstract.	3
3. Introducción	4
4. Marco Teórico	6
4.1. Telecomunicaciones.	6
4.1.1. <i>Historia de las telecomunicaciones.</i>	7
4.1.2. <i>Tipos de telecomunicaciones.</i>	10
4.2. Fibra Óptica.....	11
4.2.1. <i>Origen de la Fibra Óptica.</i>	12
4.2.2. <i>Componentes de la Fibra Óptica</i>	13
4.2.3. <i>Funcionamiento.</i>	13
4.2.4. <i>Tipos de Fibra Óptica.</i>	14
4.2.5. <i>Ventanas de Operación.</i>	18
4.2.6. <i>Tipos de Cable de Fibra Óptica</i>	20
4.2.7. <i>Aplicaciones de los de Cable de Fibra Óptica</i>	22
4.2.8. <i>Código de Colores de los Cables de Fibra Óptica.</i>	24



4.2.9.	<i>Conectores de Fibra Óptica.</i>	26
4.2.10.	<i>Ventajas y desventajas de la Fibra Óptica.</i>	30
4.3.	Red de Transporte Óptico.	30
4.3.1.	<i>Red PDH.</i>	31
4.3.2.	<i>Red SDH.</i>	34
4.3.3.	<i>Red DWDM.</i>	39
4.4.	Internet.	43
4.5.	CNT EP.	43
4.6.	Zamora Chinchipe.	43
5.	Metodología.	44
5.1.	Preparación.	44
5.1.1.	<i>Características Técnicas de la Red.</i>	44
5.1.2.	<i>Redundancia de Ruta.</i>	45
5.1.3.	<i>Red de Transporte.</i>	46
5.1.4.	<i>Medio Transmisión.</i>	46
5.1.5.	<i>Instalación.</i>	46
5.2.	Planificación.	46
5.2.1.	<i>Plan de Trabajo.</i>	46
5.2.2.	<i>Recurso Humano.</i>	48
5.2.3.	<i>Presupuesto.</i>	50
5.2.4.	<i>Gestión de Plan de calidad.</i>	50
5.2.5.	<i>Cronograma.</i>	51
5.3.	Diseño.	51
5.3.1.	<i>Visita en campo.</i>	51
5.3.2.	<i>Planta Externa.</i>	51
5.3.3.	<i>Planta Interna, funcionamiento SDH.</i>	61

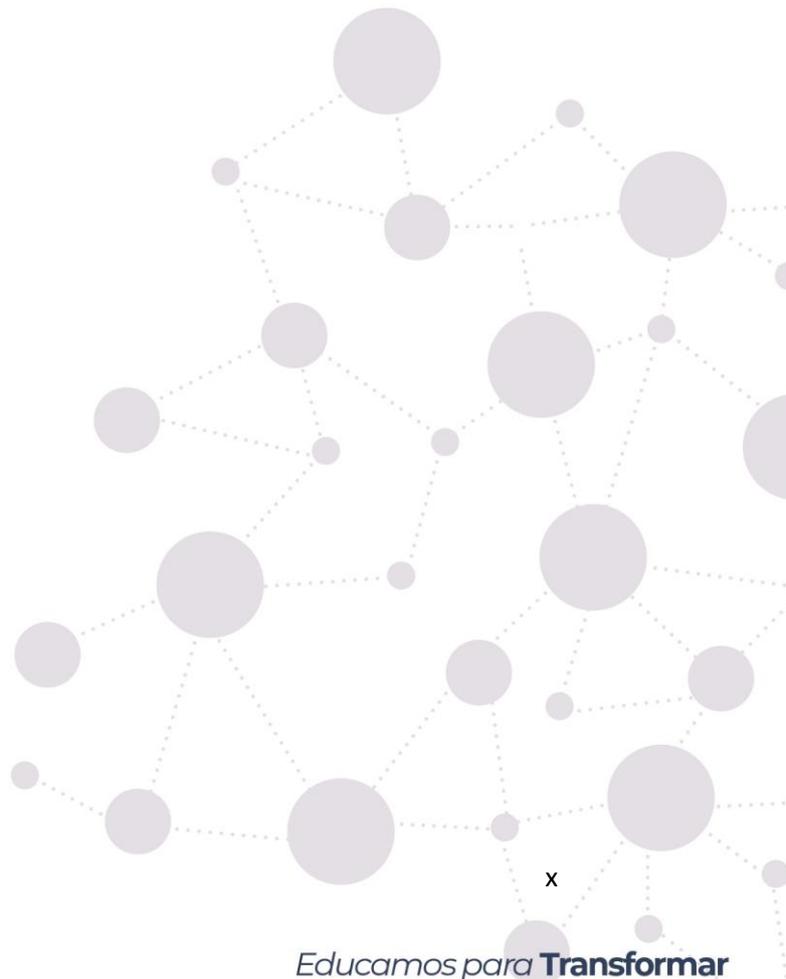


5.4.	Implementación.....	62
5.5.	Operación.....	62
5.6.	Optimización.....	62
6.	Resultados.....	63
6.1.	Diseñar un enlace backup a través de fibra óptica, para la CNT EP, Cantón Chinchipe, provincia Zamora Chinchipe.....	63
6.1.1.	<i>Diseño ODF.</i>	63
6.1.2.	<i>Diseño de Pozo, subida a poste.</i>	63
6.1.3.	<i>Diseño de Postes y retenida.</i>	64
6.1.4.	<i>Diseño Cable de F.O 12H G.652.D</i>	64
6.1.5.	<i>Diseño de Manga o Backbone.</i>	65
6.2.	Indicar la cantidad de usuarios del cantón Chinchipe y cantones adyacentes que se benefician de los servicios de telecomunicaciones que brinda la empresa estatal.....	66
6.3.	Analizar el escenario actual del enlace backup que protege los servicios de telecomunicaciones en el cantón Chinchipe.....	67
6.4.	Elaborar el presupuesto referencial para la construcción del enlace Backup a través de Fibra Óptica.....	67
7.	Discusión.....	68
8.	Conclusiones.....	70
9.	Recomendaciones.....	71
10.	Bibliografía.....	72
11.	Anexos.....	75



Índice de Tablas:

Tabla 1 Tipos de fibra y especificaciones estándar.	17
Tabla 2 Espectro Electromagnético.	19
Tabla 3 Tipo de Fibra y Color de Conectores F.O.	29
Tabla 4 Características de la Jerarquía Digital Plesiócroma.	33
Tabla 5 Recomendaciones ITU-T SDH.....	35
Tabla 6 Actividades Key Account Manager.....	49
Tabla 7 Actividades PM Negociación.	49
Tabla 8 Actividades PM Ingeniería.	50
Tabla 9 Clientes CNT EP Chinchipe, Palanda, Valladolid.	66



Índice de Figuras:

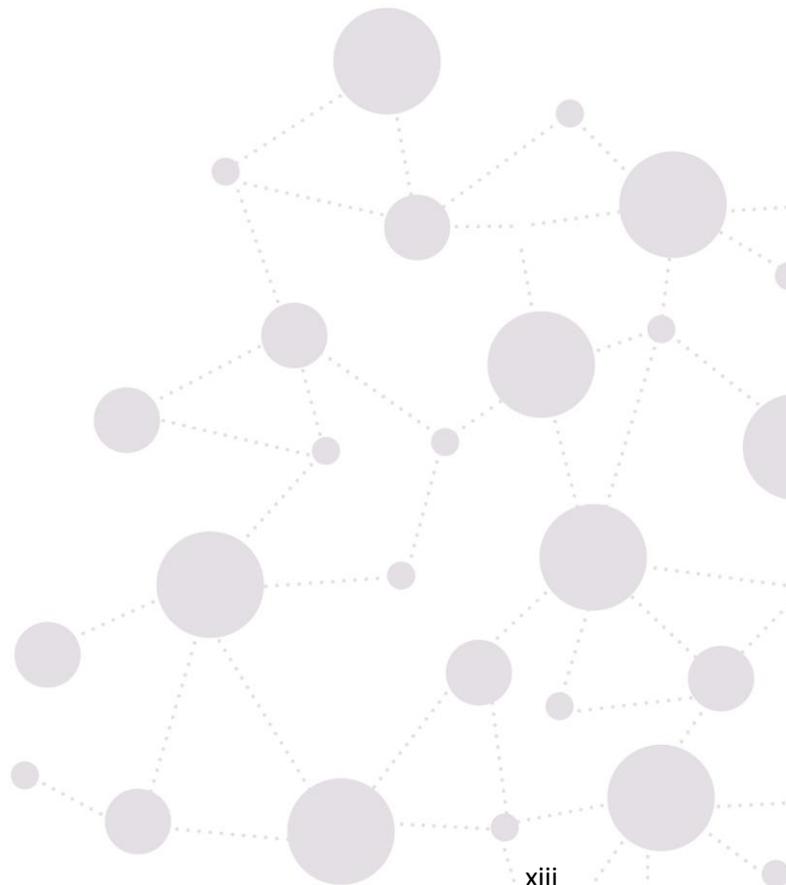
Figura 1 Primeros Terminales de Telecomunicación.....	8
Figura 2 Experimento de Tyndall.....	9
Figura 3 El photophone de Bell.....	9
Figura 4 Partes de la Fibra Óptica.....	13
Figura 5 Principio de Operación de la Fibra Óptica.....	14
Figura 6 Fibra Multimodo.....	14
Figura 7 Fibra Multimodo con índice escalonado.....	15
Figura 8 Fibra Multimodo con índice gradual.....	15
Figura 9 Fibra Monomodo.....	16
Figura 10 Colores que el ojo humano distingue.....	18
Figura 11 Ventanas de Operación.....	20
Figura 12 Cable de Estructura Holgada.....	21
Figura 13 Cable de estructura Ajustada.....	21
Figura 14 Cable Auto-soportado, Figura 8.....	22
Figura 15 Cable Canalizado.....	22
Figura 16 Cable Plano.....	23
Figura 17 Cable Submarino.....	23
Figura 18 Diámetro de núcleo Fibra Óptica Multimodo-Monomodo.....	24
Figura 19 Código de Colores Cables Interiores Fibra Óptica.....	25
Figura 20 Código de Colores Hilos Fibra Óptica.....	25
Figura 21 Diagrama de un conector de fibra óptica tipo SC.....	26
Figura 22 Conector de fibra óptica tipo FC.....	26
Figura 23 Conector de fibra óptica tipo ST.....	27
Figura 24 Conector de fibra óptica tipo LC.....	27
Figura 25 Conector de fibra óptica tipo SC.....	28



Figura 26 Pulidos Conectores Fibra Óptica.	28
Figura 27 Código de Colores Conectores Fibra Óptica.....	29
Figura 28 Jerarquía Europea.....	32
Figura 29 Jerarquía Norteamericana	32
Figura 30 Orden Jerárquico	33
Figura 31 Orden Jerárquico	37
Figura 32 Esquema de conexión Cross-Connect.....	39
Figura 33 Gráfica Consumo.	44
Figura 34 Formato Incidencia.	45
Figura 35 Cierre de Anillo, Ruta Enlace Principal y Backup Propuesto.	45
Figura 36 C. Amaluza 4°34'53.1"S 79°25'38.1"W -4.581414, -79.427237.....	47
Figura 37 C. Zumba, 4°51'53.7"S 79°07'52.8"W -4.864917, -79.131323.....	48
Figura 38 Diagrama Planta Externa Ruta Amaluza-Zumba.....	52
Figura 39 ODF y sus elementos.	52
Figura 40 Etiquetado Frontal ODF.....	53
Figura 41 Poste Numerado y Pintado.....	54
Figura 42 Herraje Tipo A.	54
Figura 43 Herraje Tipo B.	55
Figura 44 Herraje Tipo Farol.....	55
Figura 45 Herraje Tipo Farol.....	56
Figura 46 Fibra ADSS SM	57
Figura 47 Manga Tipo Domo 12 Hilos	58
Figura 48 Proceso Empalme o Fusión.....	58
Figura 49 Patchcord de F.O. LC/UPC-FC/UPC SM G.652D	59
Figura 50 Diseño ODF, rack de Piso.....	63
Figura 51 Pozo pz y subida a poste	64



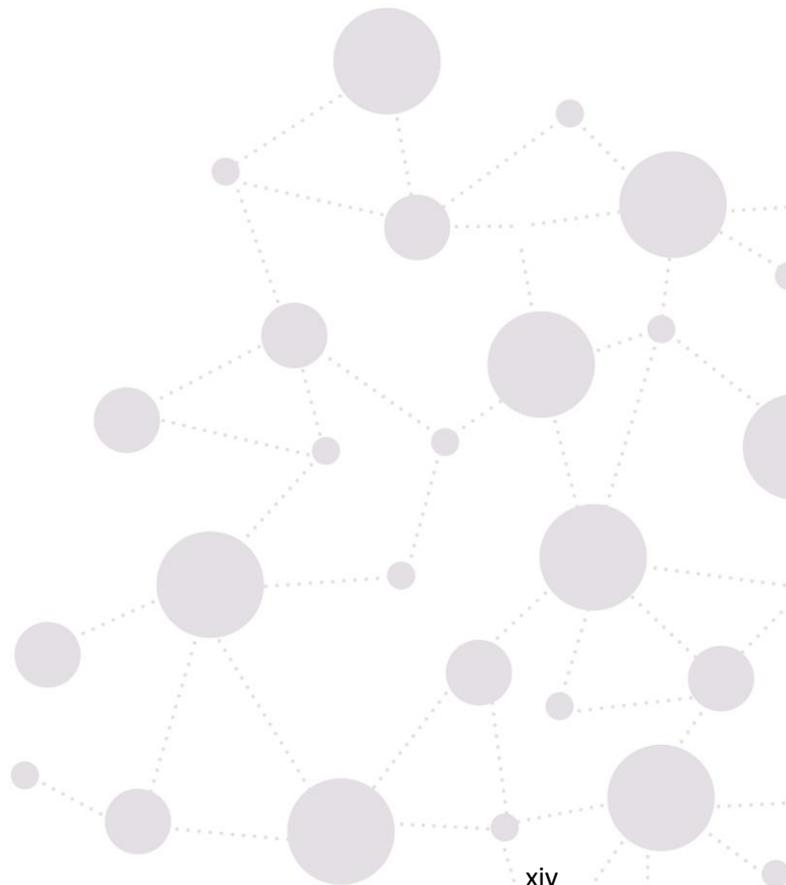
Figura 52 Poste y retenida.....	64
Figura 53 Fibra Óptica.....	65
Figura 54 Reserva de Cable.....	65
Figura 55 Manga Proyectada.....	66
Figura 56 Diagrama Enlace Backup.....	67





Índice de Fórmulas:

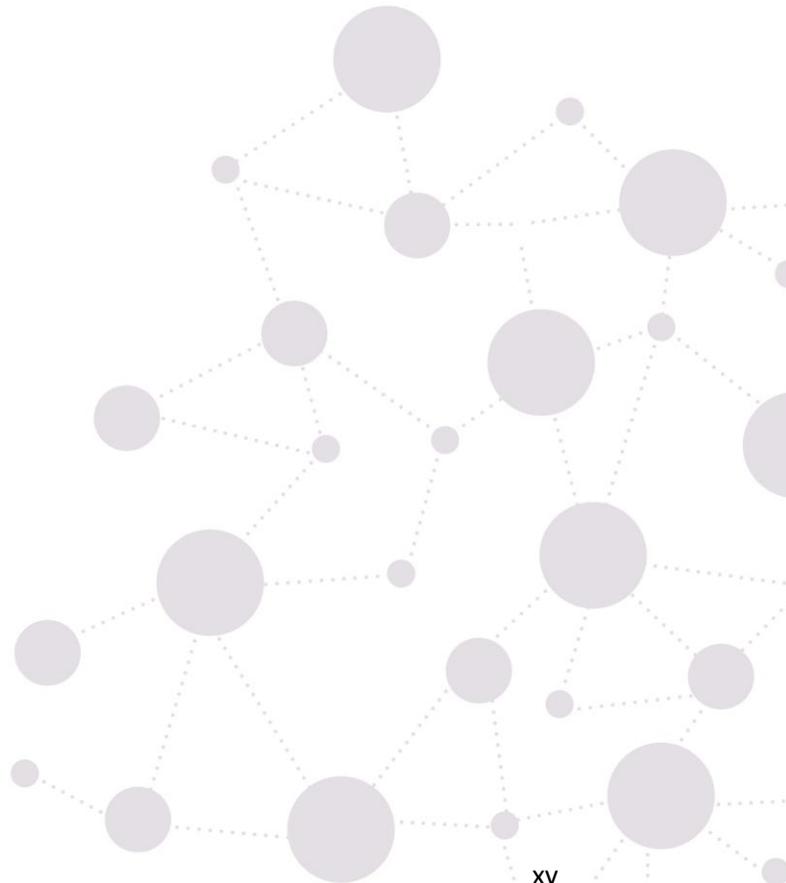
Fórmula 1 Fórmula señal a ruido óptico.	41
Fórmula 2 Presupuesto Óptico.	59
Fórmula 3 Pérdidas de enlace.....	60





Índice de Anexos:

Anexo 1. Informe Pertinencia Trabajo de Titulación.....	75
Anexo 2. Designación Director Trabajo de Titulación.	76
Anexo 3. Volumen de Obra, Presupuesto.	77
Anexo 4. Cronograma.	78
Anexo 5. Esquemático, Ruta Diseño.....	79
Anexo 6. Certificación Traducción Resumen.	80





unl

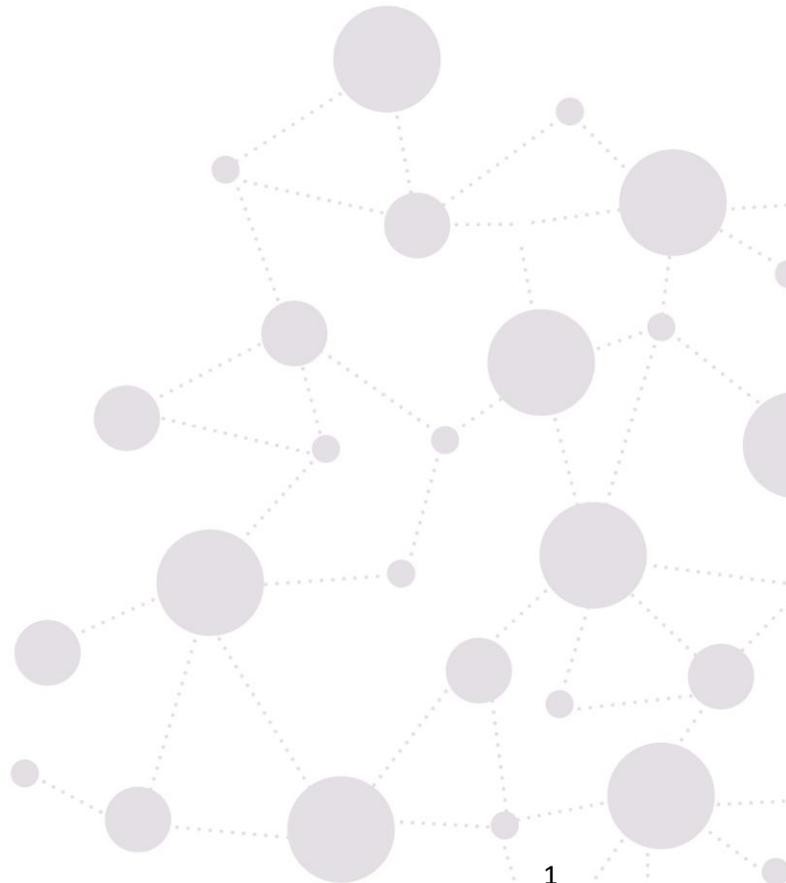
Universidad
Nacional
de Loja

POSGRADO

Maestría en
Telecomunicaciones

1. Título

Diseño de un enlace backup de fibra óptica, para la Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT EP, cantón Chinchipe, provincia Zamora Chinchipe.



2. Resumen

Las Telecomunicaciones en el país cada vez toman más relevancia, el estado ecuatoriano a través de su empresa estatal Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT EP, brinda a la sociedad servicios de Telecomunicaciones (Voz, Datos, Telefonía Fija, Móvil, TV) priorizando la calidad y disponibilidad de los recursos en todo momento.

Para garantizar la permanencia de los clientes, la empresa despliega constantemente proyectos con nuevas tecnologías a nivel nacional y la Región Sur específicamente en el cantón Chinchipe, no es la excepción.

Debido a la tendencia actual, cada vez son más frecuentes aplicaciones mediante web, video conferencia, teletrabajo y estudio, por ello el servicio de telecomunicaciones juega un papel importante, por ello la empresa estatal sujeto de estudio prioriza en sus Nodos de Acceso o cabeceras cantonales cuentan con enlaces de respaldo, para mitigar en gran medida los cortes o caídas de servicio por los posibles daños que pudiera sufrir los enlaces principales y con ello garantizar la disponibilidad de los servicios.

Palabras Claves: Fibra Óptica, Red SDH, Red DWM, Enlace Backup, Telecomunicaciones, CNT EP, Nodo de Acceso.

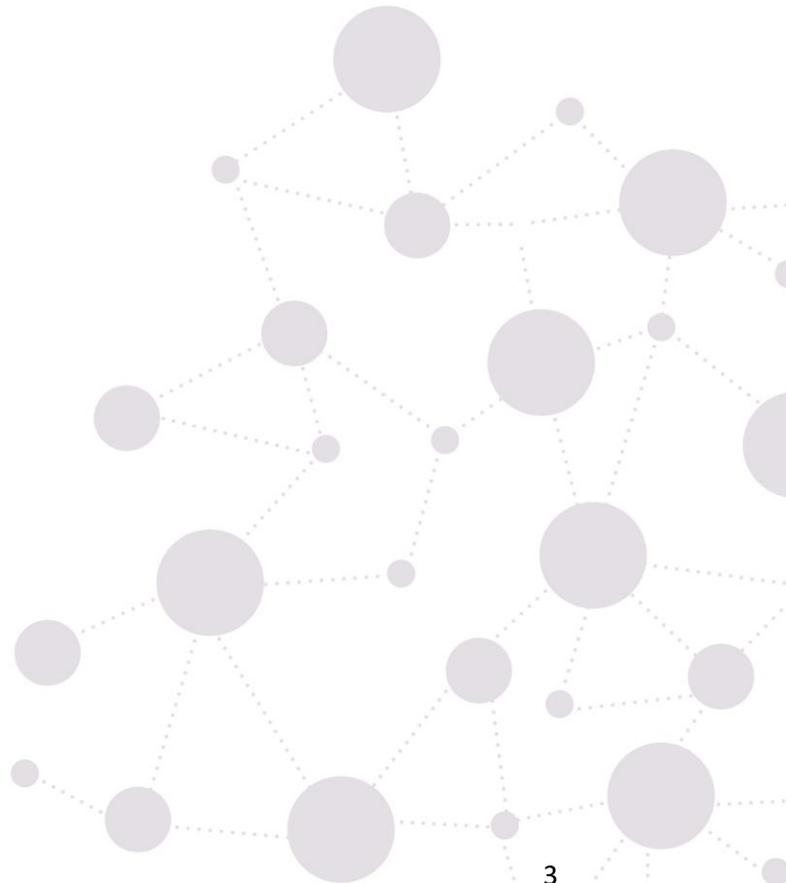
2.1. Abstract.

Telecommunications in the country are becoming more relevant, the Ecuadorian state through its state company Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT EP, provides the society with Telecommunications services (Voice, Data, Fixed Telephony, Mobile, TV) prioritizing quality and availability of resources at all times.

To guarantee the permanence of clients, the company constantly deploys projects with new technologies at the national level and the South Region specifically in the Chinchipe canton, is no exception.

Due to the current trend, applications through the web, video conference, teleworking and study are becoming more frequent, for this reason the telecommunications service plays an important role, for this reason the state company subject to study prioritizes its Access Nodes or cantonal capitals have backup links, to greatly mitigate cuts or service outages due to possible damage that the main links could suffer and thus guarantee the availability of services.

Keywords: Fiber Optic, SDH Network, DWM Network, Backup Link, Telecommunications, CNT EP, Access Node.



3. Introducción

Las telecomunicaciones desempeñan hoy en día un rol vital en la mayoría de los sistemas tecnológicos, su accionar ha cambiado la forma de relacionarnos y comunicarnos, permitiendo nuevas formas de intercambio comercial y nuevos servicios, su estudio tiene diversos campos, uno de ellos es el tecnológico, orientado a la ciencia, ingeniería electrónica e industria. (Equipo editorial, Telecomunicaciones, 2022)

La demanda de servicios de telecomunicaciones es amplia, y cada vez es más común no prescindir de ellos, en este contexto uno de los servicios que ha tomado un importante espacio es el Internet, ya que a través de él se simplifica la comunicación e información globalmente, esto hace que a su vez los operadores implementen nuevas tecnologías con el propósito de mejorar la calidad de los productos ofertados.

Considerando que la fibra óptica presta características y ventajas frente a cualquier otro medio de transmisión, por su alta confiabilidad y transporte de gran cantidad de información, se prioriza su uso en enlaces troncales principales y de respaldo. (The Fiber Optic Association, 2021)

La Empresa Pública CNT EP, pretende garantizar a través de enlaces de respaldo la disponibilidad de los servicios, por ello planifica proyectos para la dotación de infraestructura de telecomunicaciones a nivel nacional, para cubrir las necesidades de demanda insatisfecha en diferentes localidades.

Uno de los requerimientos para cumplir con este objetivo, es la ampliación de la red de transmisiones, misma que servirá para poner en operación equipos de acceso ubicados estratégicamente y dependiendo de la demanda en sectores que no están cubiertos por la red actual, también se contribuye a reducir la brecha digital y cerrar anillos de transmisión.

Para esto es necesario contratar la construcción de enlaces de fibra óptica troncal para la creación de ruta redundante para equipos de acceso fijo más cercanos al cliente final, además de la construcción de enlaces de fibra óptica para brindar conectividad a las cabeceras cantonales a nivel nacional. (Proano, 2009)

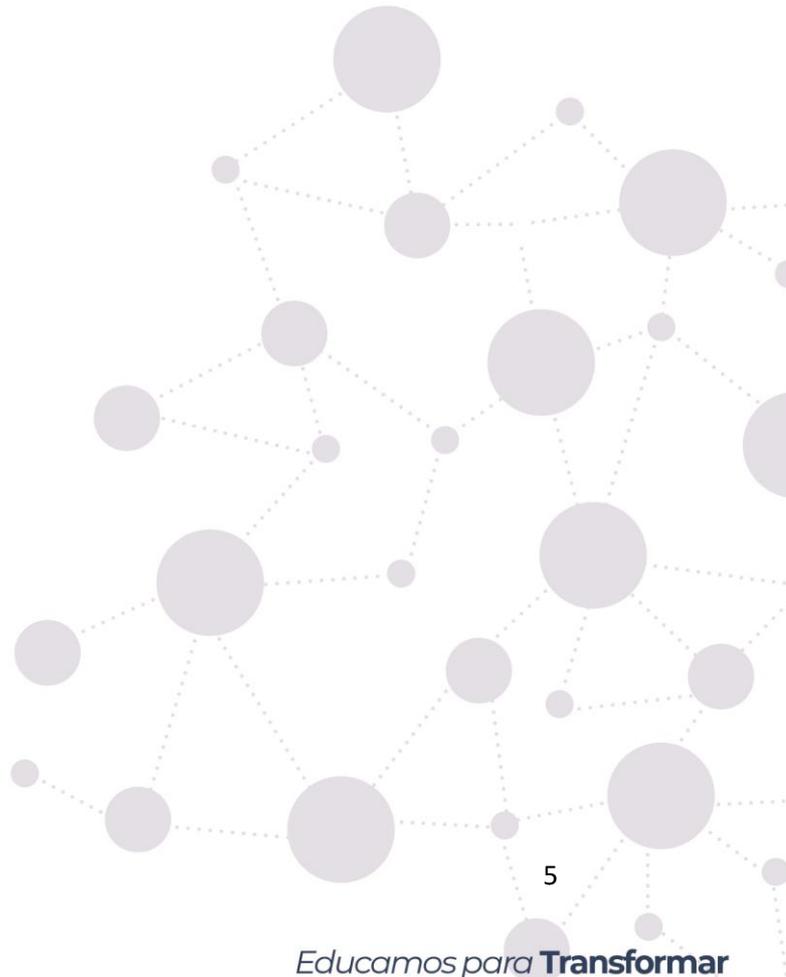
Objetivos

Objetivo general.

Diseñar un enlace backup a través de fibra óptica, para la CNT EP, Cantón Chinchipe, provincia Zamora Chinchipe.

Objetivos específicos.

- Indicar la cantidad de usuarios del cantón Chinchipe y cantones adyacentes que se benefician de los servicios de telecomunicaciones que brinda la empresa estatal.
- Analizar el escenario actual del enlace backup que protege los servicios de telecomunicaciones en el cantón Chinchipe.
- Elaborar el presupuesto referencial para la construcción del enlace Backup a través de Fibra Óptica.



4. Marco Teórico

4.1. Telecomunicaciones.

Cuando hablamos de telecomunicaciones, nos referimos a la ciencia y a la práctica de la transmisión de información a través de medios electromagnéticos, mediante el empleo de un conjunto de técnicas y materiales especializados. Dicha información puede consistir en datos textuales, de audio, de video o la combinación de los tres.

El término telecomunicación proviene de la palabra francesa télécommunication, compuesta por el prefijo griego tele-, “distancia”, y la palabra latina communicare, “compartir”. Fue acuñada por el ingeniero y escritor Édouard Estaunié (1862-1942) a inicios del siglo XIX, como reemplazo del término hasta entonces empleado para la comunicación por impulsos eléctricos: telegrafía.

Dentro del concepto de telecomunicaciones podemos hallar hoy en día numerosas tecnologías, desde la radio, televisión, telefonía, redes informáticas e Internet, hasta la radionavegación, GPS y telemetría. La mayoría se trata de sistemas dotados de:

- Un emisor. Que codifica y transmite la señal mediante distintos medios o canales.
- Uno o más receptores. Que reciben y decodifican la señal, pudiendo a su vez (o no) servir de emisores.
- Repetidores, enrutadores y conmutadores. Que son aparatos diseñados para intensificar, modificar, canalizar o repetir la señal enviada por el emisor.

También puede hablarse de Ingeniería en telecomunicaciones o, simplemente, telecomunicaciones, para referirse al estudio de este tipo de tecnología, con miras a su manejo, mejoramiento e innovación.

Las telecomunicaciones desempeñan hoy un rol vital en la mayoría de los sistemas tecnológicos, tanto en el ámbito comercial y financiero, como en el militar, lúdico o cultural. Sus efectos han modificado para siempre el modo de relacionarnos y comunicarnos entre los seres humanos.

Han permitido el surgimiento de una cultura más homogénea (la cultura “global” o 2.0, por ejemplo), a la par que han permitido nuevas formas de intercambio comercial

y nuevos servicios. Se ha convertido rápidamente en una de las áreas de mayor innovación, de mayor demanda y mayores capitales del mundo contemporáneo (Equipo editorial, Telecomunicaciones, 2022).

4.1.1. Historia de las telecomunicaciones.

La invención del telégrafo inició las telecomunicaciones y dio paso al teléfono. El ser humano ha intentado superar las distancias para enviar y recibir señales desde épocas muy tempranas. Para ello empleaba señales de humo, sonidos instrumentales, mensajeros humanos o cadenas de señales de fuego.

Sin embargo, recién con la aparición del correo postal en sus distintas versiones, algunas más antiguas que otras, apareció un verdadero sistema de comunicaciones a la distancia. Generalmente estaba dirigido a comunicar al rey o a la metrópoli imperial, con sus súbditos lejanos o con sus territorios coloniales.

Por su parte, los primeros sistemas de comunicación rápida a distancia se crearon en la Edad Moderna, cuando gracias al dominio de la electricidad, surgió el modo de emplearla para transmitir mensajes simples, limitados generalmente a una palabra, mediante el telégrafo.

Inspiradas en antiguas versiones ópticas que dependían de codificar un mensaje con símbolos visibles desde la distancia, en la primera mitad del siglo XIX se desarrollaron las primeras formas del telégrafo eléctrico, revolucionando el campo de las comunicaciones a través del código morse.

Este invento se consolidó en los años siguientes como el gran medio de comunicación moderno, especialmente en Estados Unidos, de la mano de la expansión ferroviaria. Sirvió de base para futuros inventos, como el “telégrafo parlante” (teléfono) o la “telegrafía sin hilos” (radiocomunicación).

Figura 1
Primeros Terminales de Telecomunicación



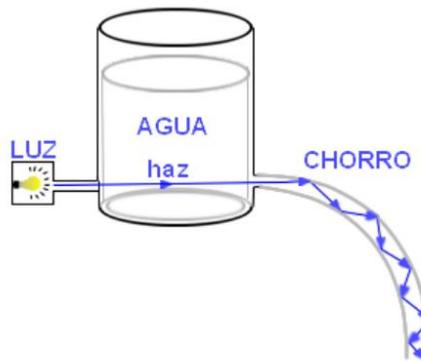
Fuente: (Equipo editorial, 2022)

En las últimas décadas del siglo XIX y las primeras del siglo XX, se desarrolló el teléfono, invención de Alexander Graham Bell (1847-1922) y/o Elisha Gray (1835-1901). Además, las experiencias de científicos e inventores como Thomas Alva Edison (1847-1931), Nikola Tesla (1856-1943) y Aleksandr Popov (1859-1905) constituyeron una revolución científica y tecnológica en el área de las telecomunicaciones.

La invención del primer radiotransmisor de Guillermo Marconi (1874-1937), dio origen a aparatos tan diversos como el teletipo o el radiotransmisor de onda corta, y en el siglo XX a la radio de transistores y la televisión. Nunca el ser humano logró comunicar tanto y a través de tan largas distancias como de entonces en adelante. (Equipo editorial, Telecomunicaciones, 2022)

En 1854, el físico británico James Tyndal preparó un tanque de agua con una cañería por ambos lados permitiendo que fluyera agua por los ductos, y entonces envió una luz luminosa del lado opuesto del tanque hacia el flujo de agua. Conforme el agua caía por la cascada, un arco de luz seguía aguas abajo conduciendo la luz. Esto demostró la reflexión interna total, un principio que se discutirá después en más detalle.

Figura 2
Experimento de Tyndall

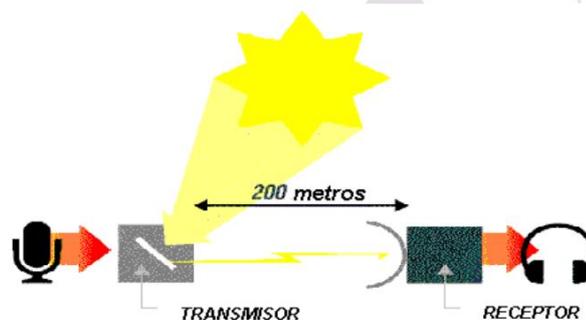


Fuente: (Rodríguez, 2009)

En 1880, Alejandro Graham Bell inventó el photophone. Bell consideró esto como un descubrimiento mayor que su invención anterior, el teléfono. Con el photophone, Bell hablaría en un micrófono que causaría una vibración en un espejo. La luz del sol golpearía en el espejo, y la vibración del espejo transmitiría la luz por el espacio de aproximadamente 200 metros. El espejo del receptor recibiría la luz y causaría una vibración en un cristal de selenio, y el ruido saldría en el otro extremo. (Vea Figura 3)

Aunque el photophone tuvo éxito permitiendo conversaciones a espacio abierto, tenía inconvenientes: No funcionaba bien por la noche, en la lluvia, o si alguien caminaba entre la señal y el receptor. Bell perdió interés en esta idea. El problema de la transferencia de la información haciendo uso de la luz permaneció como un problema insoluble. Mientras tanto el mundo aprendió a comunicarse usando la corriente eléctrica sobre el cable de cobre.

Figura 3
El photophone de Bell



Fuente: (Rodríguez, 2009)

Aun así, los científicos e ingenieros tuvieron conocimiento por años que la fibra óptica podía transmitir la luz, pero la fibra no podía transmitir información demasiado lejos. No fue hasta el año 1959 en el que se inventa el láser. Este dispositivo era un refinado rayo de luz controlado, que podría transmitir información a distancias largas.

Desgraciadamente, los mismos inconvenientes que había experimentado Alejandro Graham Bell afectaron al láser. Aunque pudiera usarse por la noche, no funcionó durante la lluvia, la niebla, o la interferencia de cualquier edificio entre el remitente y el receptor.

Fue Charles K. Kao en 1966 en los laboratorios STC (Standard Telecommunications Laboratory), el que propuso la idea que si se pudiera tomar vidrio y se podría purificarlo, a un nivel bajo de impurezas, podría usarse para comunicaciones ópticas de la misma manera que en 1870 lo experimento Tyndal con sus tuberías de agua.

El Dr. Robert Maurer de Corning, en Nueva York, propuso la primera fibra óptica de baja pérdida, con menos de 20 dB/km (decibelios por kilómetro) de pérdida. (Hoy, los cables monomodos, se venden con especificaciones debajo de los 0.25 dB/km .) (Rodríguez, 2009)

Finalmente, tras la invención de las computadoras y su incorporación en redes de intercambio de información, se sumaron nuevas tecnologías: los módems, el sonar, las microondas, los satélites de telecomunicaciones, la telefonía celular, el Wifi y otros modos contemporáneos de transmisión de información digitalizada mediante ondas electromagnéticas. (Equipo editorial, Telecomunicaciones, 2022).

4.1.2. Tipos de telecomunicaciones.

La radio sigue vigente como medio masivo y para comunicarse en lugares aislados. Hay muchas formas de clasificar las telecomunicaciones, atendiendo a distintos elementos. Por ejemplo, podemos distinguir entre comunicaciones unidireccionales, aquellas en las que el emisor es siempre emisor, y las bidireccionales, en las que los receptores eventualmente ocupan también el rol de emisor, es decir, existe retroalimentación.

Por otro lado, atendiendo a la naturaleza de su tecnología específica, podemos diferenciar entre:

- **Radiocomunicaciones:** No sólo se refiere a la transmisión de ondas radiales en AM y FM desde estaciones comerciales, cuya programación debe ser recuperada por el público en sus aparatos radiales, sino también a los aparatos de radio de onda corta, como los empleados para la navegación y las comunicaciones militares.
- **Telefonía:** La antigua telefonía de hilos de Graham Bell fue sustituida a lo largo del siglo XX por toda una industria telefónica moderna, que emplea satélites y torres de emisión para enviar y recibir señales electromagnéticas de frecuencia específica, que luego el aparato convierte en ondas sonoras, recuperando la voz del hablante con una distorsión y retardo mínimos.
- **Fax:** Una tecnología ya extinta, pero que sirve de ejemplo, y que consistía en utilizar las líneas telefónicas para enviar la reproducción de una imagen tomada de un texto, es decir, algo similar a una fotocopidora, cuyos originales sin embargo se hallaban lejos. Desde la llegada de Internet fue considerada obsoleta y abandonada en todo el mundo.
- **Televisión:** El gran invento que revolucionó los medios masivos de comunicación en el siglo XX, ha sobrevivido adaptándose a los tiempos, a través de emisiones satelitales o streaming a través de Internet, para llevar tanto audio como imágenes a los aparatos receptores en cada hogar, ya sea en vivo y directo, o en diferido.

4.2. Fibra Óptica.

La fibra óptica es un compuesto hecho de plástico de alta calidad, que consiste en pequeñas fibras que transmiten señales luz. La función de la fibra óptica es transferir dichas señales de luz en frecuencias diferentes. (MINTEL, s.f.)

La transmisión de luz por la fibra se basa en la transmisión de la luz por el núcleo de la fibra el cual cae sobre la zona externa con ángulo mayor al ángulo crítico, de forma que toda la luz se refleja sin pérdidas hacia la zona interna de la fibra.

De esta manera la luz puede viajar a largas distancias reflejándose miles de veces, con el fin de evitar las interrupciones debido a impurezas en la superficie de la fibra el

núcleo de la misma está recubierto por una capa de vidrio con un índice de refracción mucho menor. (Vizueté, 2021)

Desde hace unos años, los cables coaxiales de las redes de los operadores han sido reemplazados por los cables de fibra óptica para tener una mayor cobertura de los servicios que brindan los diferentes operadores.

Teniendo las redes de fibra (FTTH – FTTB), los operadores han podido brindar un mejor servicio, además, mucha más velocidad en la conexión a internet por lo mismo que las redes de fibra óptica permiten una gestión de mayor ancho de banda con respecto al internet.

Para el despliegue de las redes de fibra se requiere de diferentes tipos de fibra, de acuerdo con la geografía que se tenga en el despliegue de la red. Estos cables pueden ser desplegados de forma aérea, subterránea y de interiores, por lo que los cables cuentan con diferentes especificaciones técnicas. (FIBRAMÉRICA, 2022)

4.2.1. Origen de la Fibra Óptica.

La Historia de la comunicación por fibra óptica se inicia en 1977, cuando se instala un sistema de prueba en Inglaterra; dos años después, se producían ya cantidades importantes de pedidos de este material.

Antes, en 1959, como derivación de los estudios en física enfocados a la óptica, se descubrió una nueva utilización de la luz, a la que se denominó rayo láser, que fue aplicado a las telecomunicaciones con el fin que los mensajes se transmitieran a velocidades inusitadas y con amplia cobertura. Esta utilización en primera instancia del láser era muy limitada debido a que no existían los conductos y canales adecuados para hacer viajar las ondas electromagnéticas provocadas por la lluvia de fotones originados en la fuente denominada láser, siendo esto un nuevo reto al que se enfrentaron los investigadores de la ciencia aplicada. Fue en el año 1966 cuando surge la primera propuesta para usar una guía óptica para la comunicación, desde entonces el avance es incesante y hoy en día la tecnología hace que esta fibra sea capaz de enviar datos a velocidades extremadamente altas.

La fibra óptica se usó inicialmente en las plataformas principales, hoy ya está llegando al abonado. Mientras la tecnología que soporta la fibra óptica es compleja, y su proceso industrial muy sofisticado, el propio producto final es sorprendentemente

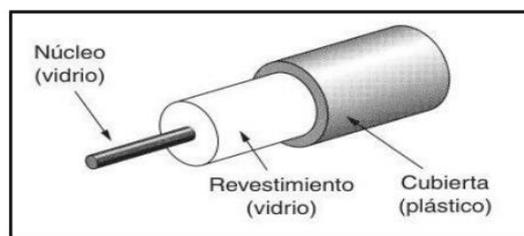
amistoso al usuario. Con prácticas normales de campo y equipo no muy complicado, el proceso de instalación de un sistema óptico es simple, rápido, y de bajo costo; y las pruebas después de la instalación son sencillas. El hecho es que, hoy, la tecnología de fibra óptica supera de lejos a la del cobre, pero realmente es más fácil trabajar con ella. (Rodríguez, 2009)

4.2.2. Componentes de la Fibra Óptica

La mayoría de las fibras ópticas se hacen de arena o sílice, materia prima abundante en comparación con el cobre. Con unos cuantos kilogramos de kilo se pueden fabricar varios kilómetros de fibra óptica. Los dos constituyentes esenciales de las fibras ópticas son el núcleo y el revestimiento, el núcleo es la parte más interna de la fibra y es la que guía la luz. Consiste en una o varias hebras delgadas de vidrio o de plástico con diámetro de 50 a 125 micras. El revestimiento es la parte que rodea y protege al núcleo.

El conjunto del núcleo y revestimiento está a su vez rodeado por un forro o funda de plástico u otros materiales que protegen contra la humedad, aplastamiento, roedores u otros riesgos del entorno.

Figura 4
Partes de la Fibra Óptica



Fuente: (Vizuete, 2021)

4.2.3. Funcionamiento.

El principio por el que se basa la transmisión de luz por la fibra es la reflexión interna total: la luz que viaja por el centro o núcleo de la fibra óptica incide sobre la superficie externa con un ángulo determinado que hace que toda la luz se refleje sin pérdidas hacia el interior de la fibra. Así, la luz puede transmitirse a larga distancia reflejándose miles de veces. Además, para evitar pérdidas por dispersión de la luz debido a impurezas de la superficie de la fibra, el núcleo de la fibra óptica está recubierto por una capa de vidrio con un índice de refracción mucho menor que el de la fibra. La reflexión

de la luz al interior de la fibra óptica se produce en la superficie que separa la fibra de vidrio y su recubrimiento.

Figura 5
Principio de Operación de la Fibra Óptica



n =Índice de Refracción. Cuando $n_1 > n_2$, la fibra tiene Reflexión interna total.

Fuente: (Rodríguez, 2009)

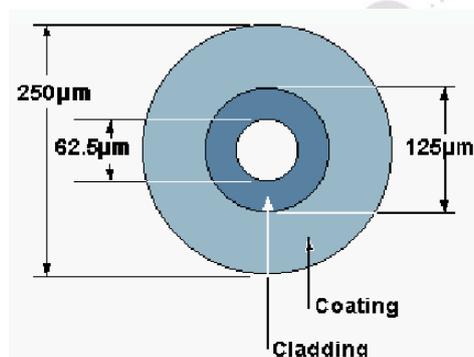
4.2.4. Tipos de Fibra Óptica.

La luz puede propagarse por el cable de fibra óptica por reflexión o refracción, los tipos de fibra óptica se definen según la relación (núcleo/revestimiento), expresado en micras. Además, por el número de modos en que transmite se clasifica en multimodo y monomodo.

4.2.4.1. Fibra Multimodo (MM).

La fibra óptica multimodo por la cual los haces de luz viajan a varios modos o caminos, es adecuada para distancias cortas como por ejemplo redes LAN, esto quiere decir que se transmite las mismas longitudes de onda, pero en diferentes trayectorias, entre las principales se encuentran las fibras de 100/140 - 62,5/125 - 50/125, todas estas en micras. Existen dos tipos de fibra multimodo las de índice escalonado e índice gradual.

Figura 6
Fibra Multimodo

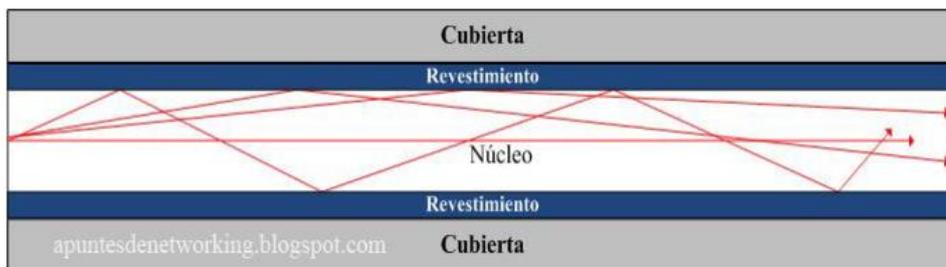


Fuente: (Moreano, 2014)

4.2.4.1.1 Índice Escalonado.

Las de índice escalonado se propagan varias ondas o modos a través de la fibra, la desventaja de este tipo de fibra es que se presenta un fenómeno llamado dispersión que es la causante de la atenuación y pérdida de potencia de la señal transmitida y no poder alcanzar largas distancia como lo hace la fibra monomodo.

Figura 7
Fibra Multimodo con índice escalonado

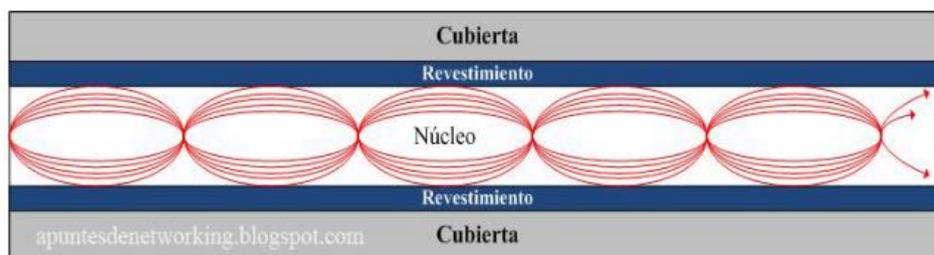


Fuente: (Apuntes de Networking, 2012)

4.2.4.1.2 Índice Gradual.

Las fibras de índice gradual el índice de refracción del núcleo decrece desde el centro hacia el revestimiento, haciendo que los rayos lleguen casi al mismo tiempo, por esta razón la dispersión se reduce, ya que cerca del revestimiento los rayos se propagan más rápido que en el núcleo.

Figura 8
Fibra Multimodo con índice gradual



Fuente: (Apuntes de Networking, 2012)

4.2.4.1.3 Características.

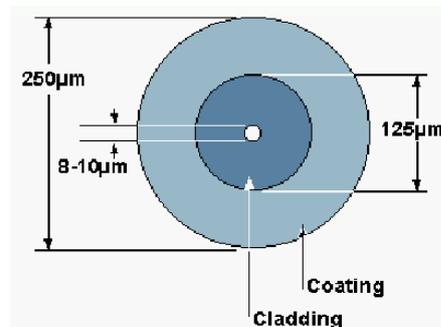
- Se alcanza una distancia de enlaces menores a 2 Km.
- Más pérdidas y menor ancho de banda.

- Generalmente para aplicaciones de Voz, Datos y Video.
- Para Gigabit entre 225 a 550 metros.
- Instalaciones en caminos cortos.
- La luz se transmite mediante Leds.

4.2.4.2. Fibra Monomodo (SM).

La fibra óptica monomodo por donde el haz de luz viaja en un solo modo o camino es decir que la luz viaja casi en forma paralela al eje de la fibra para evitar retardo, está diseñada para sistemas de comunicaciones ópticas de larga distancia. El principio es el mismo que la fibra multimodo, pero el diámetro disminuye.

Figura 9
Fibra Monomodo.



Fuente: (Moreano, 2014)

4.2.4.2.1 Características.

- Altos costos para medios activos.
- Costos de conectores elevados.
- Bajo costo del cable de fibra.
- Menor pérdida y ofrece más ancho de banda.
- Alcanza hasta 100Km de tendido
- La Luz se transmite mediante laser.

En la Tabla 1 se muestra los tipos de fibra y su especificaciones estándar, Nomenclatura OM* según la TIA (Asociación de la Industria de las Telecomunicaciones), nomenclatura B* según la IEC (Comisión Electrotécnica Internacional), nomenclatura G* según la ITU (Unión Internacional de Telecomunicaciones).

Tabla 1
Tipos de fibra y especificaciones estándar.

Núcleo/revestimiento (cladding)	Atenuación	Ancho de banda	Aplicaciones/Notas
Multimodo			
Índice gradual	@850/1300 nm	@850/1300 nm	
50/125 micrones (OM2)	3/1 dB/km	500/500 MHz-km	Para láser para redes LAN GbE
50/125 micrones (OM3)	3/1 dB/km	2000/500 MHz-km	Optimizada para VCSEL de 850 nm
50/125 micrones (OM4)	3/1 dB/km	4700/500 MHz-km	Optimizada para VCSEL de 850 nm >10Gb/s
50/125 micrones (OM5)	3/1 dB/km	4700/500 MHz-km	Fibra multimodo de banda ancha para multiplexación por división de longitud de onda con VCSEL a 850-950 nm
62.5/125 micrones (OM1)	3/1 dB/km	160-200/500 MHz-km	Fibra para red LAN (FDDI)
100/140 micrones	3/1 dB/km	150/300 MHz-km	Obsoleto
De índice escalonado	@850 nm	@850 nm	
200/240 micrones	4-6 dB/km	50 MHz-km	Núcleo de vidrio con revestimiento (cladding) de plástico
Monomodo			
9/125 micrones (OS1, B1.1, o G.652)	0.4/0.25 dB/km	~100 Terahertz	Fibra estándar monomodo, telecomunicaciones /TV por cable, redes LAN de larga distancia y alta velocidad
9/125 micrones (OS2, B1.3, o G.652)	0.4/0.25 dB/km	~100 Terahertz	Fibra de "pico de agua reducido" (LWP)
9/125 micrones (B2, o G.653)	0.4/0.25 dB/km	~100 Terahertz	Fibra con dispersión desplazada (DSF)
9/125 micrones (B1.2, o G.654)	0.4/0.25 dB/km	~100 Terahertz	Fibra con corte desplazado (CSF)
9/125 micrones (B4, o G.654)	0.4/0.25 dB/km	~100 Terahertz	Fibra con dispersión desplazada no nula (NZ-DSF)

Fuente: (The Fiber Optic Association, 2021)

4.2.5. Ventanas de Operación.

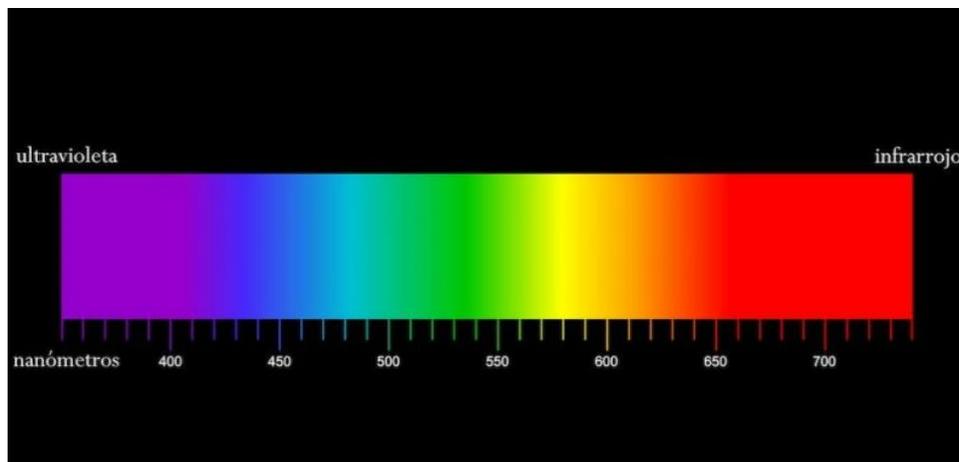
4.2.5.1. Espectro Electromagnético.

Todas las ondas electromagnéticas se generan de la misma manera, una de las propiedades en común es la velocidad con la que viajan en el vacío, que es aproximadamente 300.000 Km/s, siendo esta la velocidad de la luz.

El ojo humano puede apreciar una pequeña parte del espectro electromagnético de longitud de onda.

Figura 10

Colores que el ojo humano distingue.



Fuente: (Equipo editorial, Espectro Visible, 2021)

Esto quiere decir que, dependiendo de las propiedades de las ondas de luz (de sus longitudes de onda, específicamente), podemos hablar de los distintos colores, del siguiente modo:

- Rojo (rubeus en latín). Entre 780 y 618 nanómetros.
- Anaranjado (aureus). Entre 618 y 581 nanómetros.
- Amarillo (flavius). Entre 581 y 570 nanómetros.
- Verde (viridis). Entre 570 y 497 nanómetros.
- Cian (coeruleus). Entre 497 y 476 nanómetros.
- Azul (indicus). Entre 476 y 427 nanómetros.
- Violeta (violaceus). Entre 427 y 380 nanómetros.

Muchos tonos y colores conocidos no pueden apreciarse en la descomposición del espectro visible porque no son monocromáticos, o sea, implican la combinación de dos o

más longitudes de onda: el rosado o rosa, por ejemplo, es comprendido como un rojo mezclado con blanco. Esto mismo ocurre para los colores conocidos como marrón, plateado, magenta y dorado.

Similarmente, el blanco y el negro, más que colores, se entienden como valores de la saturación de la luz: el blanco se corresponde con la suma de todos los colores, es decir, a la luz en pleno; mientras que el negro se corresponde con la ausencia de luz.

Fuera del espectro visible se encuentran las radiaciones con las longitudes de onda propias de la luz infrarroja (por encima de 750 nm aprox.) y las de la luz ultravioleta (por debajo de 400 nm aprox.), ambos extremos ya invisibles para el ojo humano. (Equipo editorial, Espectro Visible, 2021)

Las longitudes de onda que, para el ojo humano no son visibles, se aplican para la transmisión de datos por fibra óptica y se las conoce como luz infrarroja. Las longitudes de onda que se usa en la fibra óptica son de 850nm, 1310nm y 1550nm.

Tabla 2
Espectro Electromagnético.

Espectro Electromagnético			
Banda	Longitud de onda (m)	Frecuencia (Hz)	Energía (J)
Rayos gamma	< 10 pm	> 30,0 EHz	> 20.10-15 J
Rayos X	< 10 pm	> 30,0 PHz	> 20.10-18 J
Ultravioleta extremo	< 200 pm	> 1,5 PHz	> 993.10-21 J
Ultravioleta cercano	< 380 pm	> 789 THz	> 523.10-21 J
Luz Visible	< 780 pm	> 384 THz	> 255.10-21 J
Infrarrojo cercano	< 2,5 pm	> 120 THz	> 79.10-21 J
Infrarrojo medio	< 50 pm	> 6,00 THz	> 4.10-21 J
Infrarrojo lejano/submilimétrico	< 1 mm	> 300 GHz	> 200.10-24 J
Microondas	< 30 cm	> 1 GHz	> 2.10-24 J
Ultra Alta Frecuencia-Radio	< 1 m	> 300 MHz	> 19.8.10-26 J
Muy Alta Frecuencia-Radio	< 10 m	> 30 MHz	> 19.8.10-28 J
Onda Corta-Radio	< 180 m	> 1,7 MHz	> 11.22.10-28 J
Onda Media-Radio	< 650 m	> 650 kHz	> 42.9.10-29 J
Onda Larga-Radio	< 10 km	> 30 kHz	> 19.8.10-30 J
Muy Baja Frecuencia-Radio	< 10 km	> 30 kHz	> 19.8.10-30 J

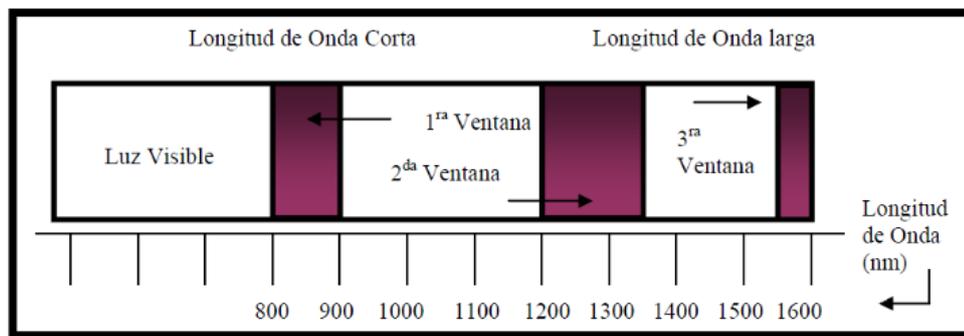
Fuente: (Proano, 2009)

4.2.5.2. Ventanas de Trabajo.

Se ha establecido las siguientes ventanas, ya que no están a la vista del ojo del ser humano (infrarrojo).

- **850nm:** Actualmente ya no se usa porque presenta valores de atenuación muy alta, por lo que cubre distancias muy cortas.
- **1310nm:** Se usa en sistemas de baja y media velocidad, en redes locales y urbanas.
- **1550nm:** Sistemas de alta velocidad y largo alcance.

Figura 11
Ventanas de Operación



Fuente: (Proano, 2009)

4.2.6. Tipos de Cable de Fibra Óptica

Se clasifican de acuerdo a sus características de construcción (cables con una sola fibra o de múltiples fibras), robustez y manejo, se clasifican en:

4.2.6.1. Estructura holgada.

Son aquellos cables en los cuales las fibras se encuentran en el interior de un buffer (loose tube, centra loose tube), estos buffer se encuentran alrededor de un elemento central y rodeado de una cubierta protectora. Cada buffer o tubo hueco puede alojar hasta 12 hilos los cuales contienen un gel hidrófugo para protección contra la humedad, además protege las fibras de fuerzas mecánicas que se ejerzan sobre el cable. Se recomiendan para redes troncales y manejan capacidades altas, (2 a 144 hilos). Los cables de estructura

holgada se usan en la mayoría de las instalaciones exteriores, incluyendo aplicaciones aéreas, en tubos o conductos y en instalaciones directamente enterradas. No es adecuado para instalaciones en recorridos muy verticales, ya que existe la posibilidad de que el gel interno fluya o que las fibras se muevan.

Figura 12
Cable de Estructura Holgada



Fuente: (Moreano, 2014)

4.2.6.2. Estructura Ajustada.

El cable de estructura ajustada contiene varias fibras con protección secundaria que rodean un miembro central de tracción, las mismas que son hilaturas de aramida de fibra de vidrio y todo ello cubierto de una protección exterior. Son usados para instalaciones en el interior de edificios, así como también para instalaciones en tendidos verticales elevados, debido al soporte vertical que dispone cada fibra.

Figura 13
Cable de estructura Ajustada



Fuente: (Moreano, 2014)

4.2.7. Aplicaciones de los de Cable de Fibra Óptica.

4.2.7.1. Cable Aéreo ADSS.

Fibra Óptica ADSS (All Dielectric Self Supported), se lo utiliza para tendidos aéreos, existen de dos tipos, uno posee un mensajero cubierto por la misma chaqueta la cual proporciona la necesaria resistencia a la tracción llamados figura 8, el otro no posee mensajero y pueden ser de tipo loose tube o de central loose tube de alta capacidad, ofrece bastante flexibilidad, cuando se realiza el tendido aéreo con estos cables se debe tener en cuenta la distancia entre postes.

Figura 14
Cable Auto-soportado, Figura 8

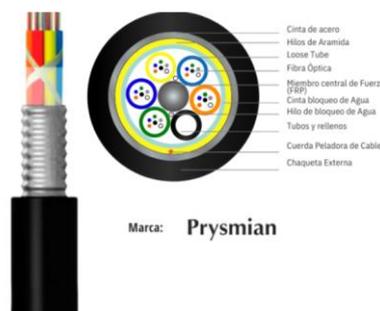


Fuente: (JASTECH, JASTECH, s.f.)

4.2.7.2. Cable Canalizado.

Los cables canalizados poseen su principal característica en una armadura metálica para protección contra roedores y resistencia mecánica, puede ser de loose tube o central loose tube.

Figura 15
Cable Canalizado



Fuente: (ELTELCON, s.f.)

4.2.7.3. Cable Plano.

Los cables planos se los utilizan para acometidas, es de forma ovalada-plana, de bajas capacidades y de fácil manipulación, suele ser de tipo central loose tube.

Figura 16
Cable Plano

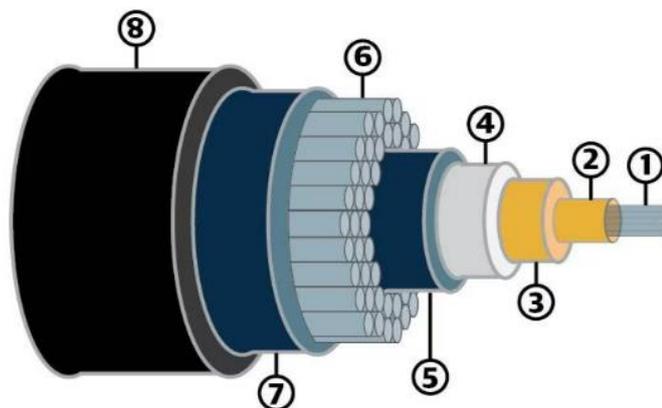


Fuente: (ELTECON, s.f.)

4.2.7.4. Cale Submarino.

Es de tipo estructura holgada y son diseñados para permanecer sumergidos en el agua, a nivel de continentes se utiliza este tipo de cables.

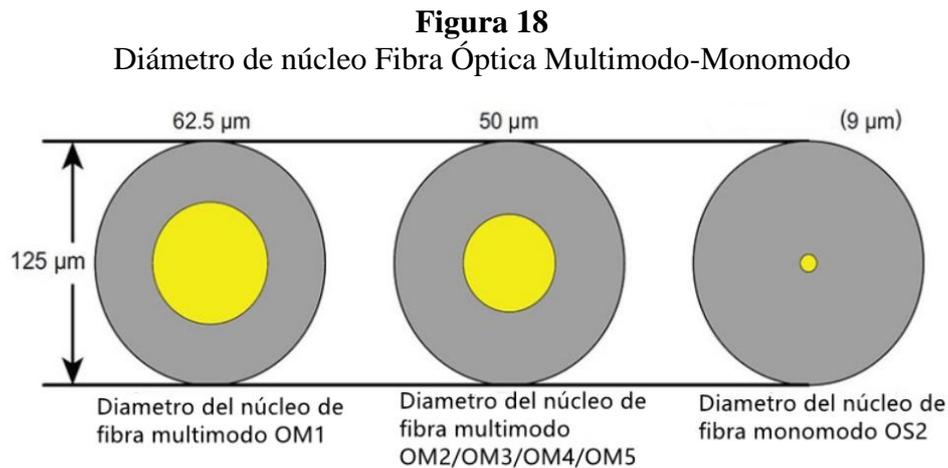
Figura 17
Cable Submarino



Fuente: (Universo, s.f.)

4.2.8. Código de Colores de los Cables de Fibra Óptica.

Los cables de exterior generalmente son negros pero los de interior tienen códigos de colores. Los colores estándar de referencia de los cables son amarillo para las chaquetas de los cables monomodo y naranja para los multimodo. Al haber actualmente dos tamaños de fibra multimodo en uso, 62.5/125 y 50/125, y dos versiones de la fibra de 50/125, es importante cumplir con el estándar TIA-598 para evitar mezclar cables. (The Fiber Optic Association, 2021)



Fuente: (Worton, 2021)

El estándar ISO/IEC 11801 clasifica las fibras multimodo:

- **OM1:** Fibra multimodo con núcleo de vidrio y 62,5 micrones de diámetro. Ancho de banda de 200 MHz y atenuación de 3,5 dB en longitud de onda de 850 nm.
- **OM2:** Fibra multimodo con núcleo de vidrio y 50 micrones de diámetro. Ancho de banda de 500 MHz y atenuación de 3,5 dB en longitud de onda de 850 nm.
- **OM3:** Fibra multimodo optimizada con núcleo de vidrio y 50 micrones de diámetro. Ancho de banda de 1500 MHz y atenuación de 3,5 dB en longitud de onda de 850 nm.
- **OM4:** Estándar utilizado por TIA (Telecommunications Industry Association) pero sin adoptar aún por ISO International Organization for Standardization). Fibra multimodo optimizada de núcleo de vidrio que permite transportar 10 Gigabit Ethernet hasta 550 metros.

Fibra óptica monomodo hay dos tipos:

- **OS1:** Cumple con los estándares ITU-T G.652A/B/C/D

- **OS2:** Cumple con los estándares ITU-T G.652C o ITU-T G.652D.

El color de la cubierta exterior suele utilizarse para identificar si un cable es monomodo o multimodo, pero este no es un método fiable. El estándar TIA-598C sugiere que la cubierta exterior sea amarilla para la fibra monomodo, y naranja para la fibra multimodo. El método más fiable es leer las especificaciones del cable impresas en la cubierta.

Figura 19
Código de Colores Cables Interiores Fibra Óptica

Tipo de Fibra por color del Cable (según estándar TIA-598-C)	
Fibra óptica Monomodo (OS1, OS2)	
Fibra óptica Multimodo (OM1, OM2)	
Fibra óptica Multimodo 50/125 µm 10 Gb optimizada para laser (OM3, OM4)	
Color en desuso para fibra óptica Multimodo	
Fibra óptica Monomodo de polarización mantenida	

Fuente: (Telecomunicación, 2013)

De igual forma, existe la numeración y color de los hilos de fibra óptica, con la finalidad de tener continuidad en enlaces de gran capacidad y distancia, según el estándar TIA-598-C.

Figura 20
Código de Colores Hilos Fibra Óptica

Colores para Fibras Individuales (según estándar TIA-598-C)			
Posición	Color	Posición	Color
1	Azul	13	Azul con línea negra
2	Naranja	14	Naranja con línea negra
3	Verde	15	Verde con línea negra
4	Marrón	16	Marrón con línea negra
5	Gris	17	Gris con línea negra
6	Blanco	18	Blanco con línea negra
7	Rojo	19	Rojo con línea negra
8	Negro	20	Negro con línea amarilla
9	Amarillo	21	Amarillo con línea negra
10	Violeta	22	Violeta con línea negra
11	Rosa	23	Rosa con línea negra
12	Turquesa	24	Turquesa con línea negra

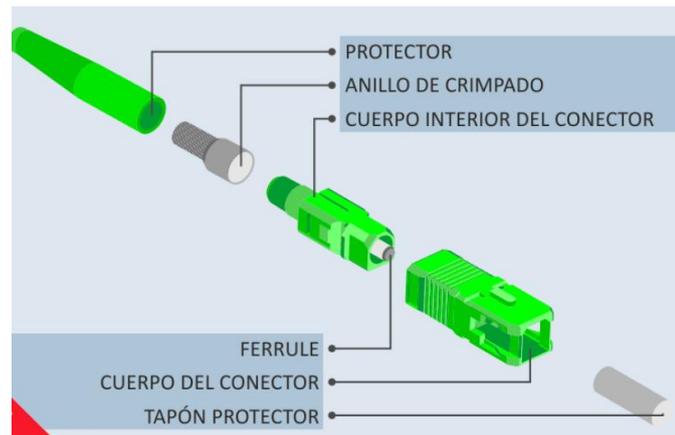
Fuente: (Telecomunicación, 2013)

4.2.9. Conectores de Fibra Óptica.

Las siglas SC, LC, FC y ST corresponden a los tipos de conector óptico más comunes en aplicaciones FTTH y en redes de datos. En cuanto a la nomenclatura PC/UPC/APC, son siglas que se refieren al tipo de pulido del terminal óptico (ferrule) que hace posible el paso de pulsos de luz láser entre dos fibras ópticas.

Figura 21

Diagrama de un conector de fibra óptica tipo SC.



Fuente: (PROMAX, 2019)

4.2.9.1. Tipo de Conectores.

4.2.9.1.1. Conector FC.

Sus siglas significan Conector de Ferrule (Ferrule Connector), fue el primer conector óptico con ferrule cerámico, desarrollado por Nippon Telephone and Telegraph, es un conector roscado con una fijación resistente a vibraciones, por ello se utiliza en aplicaciones sometidas a movimiento o instrumentos de precisión (como los OTDR) y es muy popular en CATV. Utilizados en fibras monomodo, sus pérdidas de inserción alcanzan los 0,3 dB.

Figura 22

Conector de fibra óptica tipo FC.



Fuente: (PROMAX, 2019)

4.2.9.1.2. Conector ST.

Sus siglas hacen mención a Punta Recta (Straight Tip), desarrollado en EEUU por AT&T y utilizado en entornos profesionales como redes corporativas, así como en el ámbito militar, es similar en forma al conector japonés FC, pero su ajuste es similar al de un conector BNC (montura en bayoneta). Se utiliza en fibras multimodo. Sus pérdidas de inserción rondan los 0,25 dB.

Figura 23

Conector de fibra óptica tipo ST.



Fuente: (PROMAX, 2019)

4.2.9.1.3. Conector LC.

Son las siglas de Conector Lucent (Lucent Connector) o Conector Pequeño (Little Connector), es un desarrollo de Lucent Technologies que vio la luz en 1997, ajuste similar a un RJ45 (tipo push and pull). Más seguro y compacto que el SC, así que permite incluso mayores densidades de conectores en racks, paneles y FTTH, Para fibras monomodo y multimodo. Pérdidas de 0,10 dB.

Figura 24

Conector de fibra óptica tipo LC.

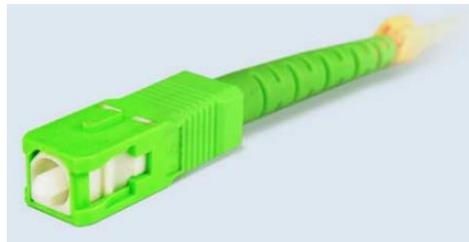


Fuente: (PROMAX, 2019)

4.2.9.1.4. Conector SC.

Son las siglas de Conector de Suscriptor (Suscriptor Connector) o Conector Cuadrado (Square Connector). Desarrollado por Nipón Telegraph and Telephone, su cada vez menor coste de fabricación lo ha convertido en el más popular, ajuste rápido a presión. Es compacto, permitiendo integrar gran densidad de conectores por instrumento. Se utiliza en FTTH, telefonía, televisión por cable, etc. Para fibras monomodo y multimodo. Pérdidas de 0,25 dB.

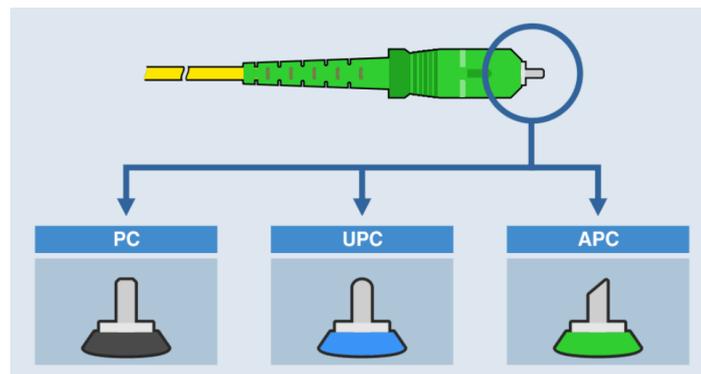
Figura 25
Conector de fibra óptica tipo SC.



Fuente: (PROMAX, 2019)

4.2.9.2. Tipo de Pulido.

Figura 26
Pulidos Conectores Fibra Óptica.



Fuente: (PROMAX, 2019)

4.2.9.2.1. Pulido PC.

Contacto Físico (Physical Contact). El ferrule está biselado y rematado en una superficie plana. Esto evita espacios vacíos entre los ferrules de los conectores que se están acoplando y logra unas pérdidas de retorno entre los -30 dB y los -40 dB. Se trata de una solución cada vez más en desuso.

4.2.9.2.2. Pulido UPC.

Ultra Contacto Físico (Ultra Physical Contact). Similares a los PC, pero logran reducir las pérdidas de retorno a un margen entre los -40 y los -55 dB gracias a que el bisel tiene una curva más pronunciada. La tendencia actual es utilizarlo en líneas muertas para que los operadores de telecomunicaciones lleven a cabo pruebas de red por ejemplo con OTDR.

4.2.9.2.3. Pulido APC.

Contacto Físico en Ángulo (*Angled Physical Contact*). El ferrule termina en una superficie plana y a su vez inclinada 8 grados. Se trata del conector que logra un enlace óptico de mayor calidad ya que consigue reducir las pérdidas de retorno hasta los -60 dB aumentando así el número de usuarios en fibras monomodo. Por este motivo, unido a sus cada vez menores costes de fabricación, APC se ha convertido en el tipo de pulido más utilizado.

Figura 27
Código de Colores Conectores Fibra Óptica.

Código de Colores para Conectores	
PC, 0°	Principalmente para fibra Monomodo (puede usarse a veces para Multimodo)
APC, 0°	Solo Monomodo
PC, 0°	Conectores Fibra Multimodo 50 µm
PC, 0°	Conectores Fibra Multimodo 62,5 µm
PC, 0°	Conectores Fibra Monomodo
	Potencia óptica elevada. Para conexión de láser.

Fuente: (Telecomunicación, 2013)

Tabla 3
Tipo de Fibra y Color de Conectores F.O.

Tipo de Fibra Óptica	Color del Conector
62.5/125	Beige
50/125	Negro
50/125 laser optimized	Aguamarina
OM5	Lima
Monomodo	Azul
Monomodo con pulido APC	Verde

Fuente: (PROMAX, 2019)

4.2.10. Ventajas y desventajas de la Fibra Óptica.

Las fibras ópticas poseen varias ventajas respecto a los sistemas convencionales que emplean cables de cobre o microondas, así mismo se hace referencia como desventajas es que es una red física a diferencia de una inalámbrica.

4.2.10.1. Ventajas.

- Las fibras ópticas no pierden luz, por lo que su transmisión se considera segura y no puede ser perturbada.
- Transmisión de datos a altas velocidades.
- Carece de señales eléctricas por lo que no existe riesgo de descargas eléctricas.
- Presenta inmunidad al ruido y las interferencias.
- Fácil instalación.
- Mejora la calidad de los formatos de video y sonido, además de una alta fiabilidad.
- Larga vida operativa con valores bajos de atenuación.
- El peso y sus dimensiones son más reducidos que los medios preexistentes.
- Compatible con la tecnología digital.

4.2.10.2. Desventajas.

- Poca Cobertura, zonas de la ciudad son las principalmente beneficiarias, falta aún despliegue en la ruralidad.
- El coste de la conexión de fibra óptica es elevado.
- Las empresas de telecomunicaciones no cobran por tiempo de uso, sino por cantidad de información transferida al host, que se mide en megabytes.
- La reparación necesita de equipos especializados.
- Fragilidad de las fibras.
- Dificultad de reparar un cable de fibras roto en el campo.
-

4.3. Red de Transporte Óptico.

Son la plataforma ideal de transporte de grandes cantidades de tráfico a alta velocidad en las telecomunicaciones de hoy en día, conformadas por elementos ópticos conectados por un medio de transmisión en este caso la fibra óptica, capaces de proveer transporte, multiplexación, enrutado, gestión y supervisión de las señales ópticas. Entre

las redes de transporte óptico más conocidas, en apareamiento cronológico, están PDH, SDH y por último DWDM.

4.3.1. Red PDH.

Sistema de Jerarquía Digital Plesiócrona, este sistema es capaz de operar en medios de transmisión guiados, tales como el cable coaxial y la fibra óptica, además de medios de transmisión no guiados como la radio y el sistema microondas.

El término plesiócrono se refiere a que las señales se encuentran desincronizadas parcialmente, se puede conseguir de señales producidas por otras fuentes para, al finalizar la multiplexación, adquirir la velocidad resultante.

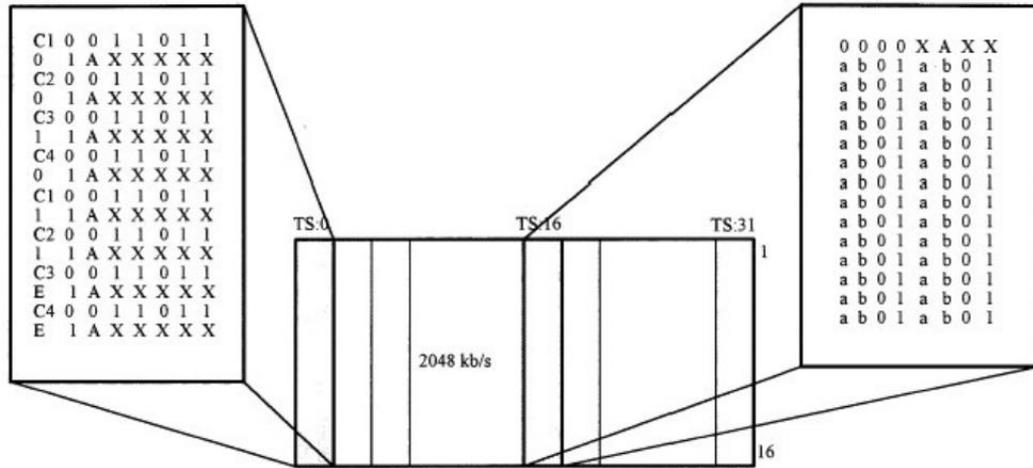
Las limitaciones de este tipo de sistemas es cuando la velocidad de transmisión es mayor que la del multiplexor que se encuentra en el receptor, este no tiene tiempo para leer los datos enviados, como consecuencia la información llega incompleta al receptor. De manera similar sucede cuando la velocidad de transmisión es menor, en este caso las tramas se comienzan a duplicar y el receptor recibe más datos de los que envió el emisor. (Vizuete, 2021)

4.3.1.1. Jerarquías de Multiplexación.

Para la transmisión de señales digitales se recurre a la multiplexación con el fin de agrupar varios canales en un mismo vínculo. Si bien la velocidad básica usada en las redes digital se encuentra estandarizada en 64 kb/s, las velocidades de los órdenes de multiplexación en cambio forman varias jerarquías de las cuales las estandarizadas son las siguientes:

- **Jerarquía Europea:** Se usa en toda Latinoamérica, agrupa 30+2 canales de 64 kb/s para obtener 2.048 kb/s. luego, por multiplexado de 4 tributarios sucesivamente, se obtiene las velocidades de 8.448 kb/s; 34.368 kb/s y 139.264 kb/s.

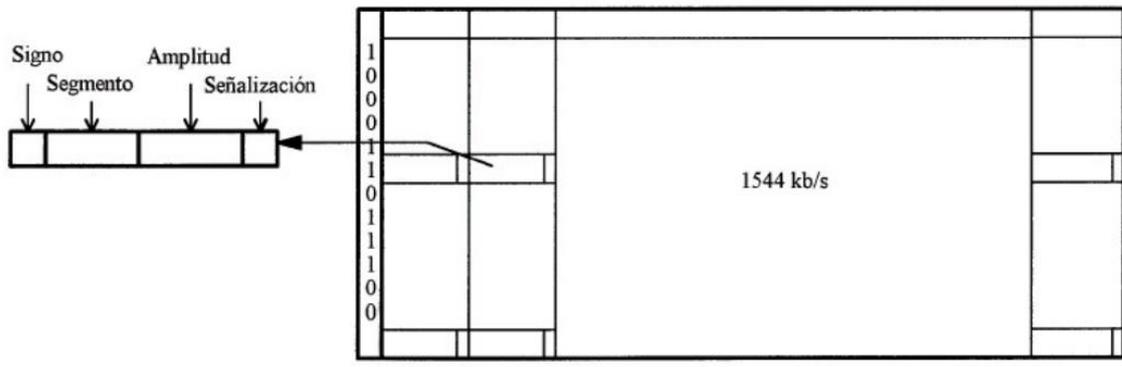
Figura 28
Jerarquía Europea.



Fuente: (Alvarez, 2004)

- **Jerarquía Norteamericana:** Agrupa en cambio 24 canales a una velocidad de 1.544 kb/s. Posteriormente genera 2 órdenes superiores (x4) a 6.312 kb/s y (x7) a 44.736 kb/s.

Figura 29
Jerarquía Norteamericana



Fuente: (Alvarez, 2004)

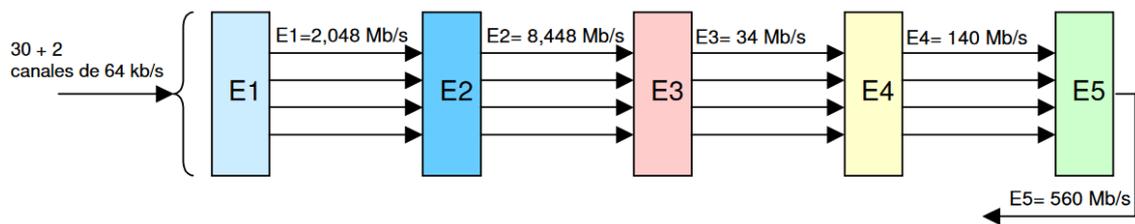
Las velocidades de cada orden son levemente superiores al producto de la velocidad de tributario por el número de entradas, debido al agregado a la información adicional que este tiene que agregar como es el (Over Head). A las jerarquías mencionadas se las denomina Plesiócronas PDH porque el reloj usado en cada nivel de multiplexación es independiente de los otros niveles.

La jerarquía de 1544 y 2048 kb/s se diferencian tanto en la codificación como en la trama. La norma de facto de 24 canales que da origen a 1544 kb/s se deriva del hecho que la Bell Labs (1960) pretendió mantener la compatibilidad con el sistema de 24 canales FDM. El origen de los 24 canales FDM se remonta al momento que se disponía de un tubo de vacío con un ancho de banda de 96 kHz (equivalente a 24 canales de 4 kHz de ancho de banda). En su lugar Europa, algunos años más tarde (1965), cambió la codificación e incorporó la velocidad de 2048 kb/s para adoptar una potencia de 2

4.3.1.2. Orden Jerárquico.

El primer orden jerárquico se multiplexa sucesivamente para obtener mayores velocidades y una multiplicación de la capacidad. La jerarquía plesiócrona correspondiente a 2048 kb/s multiplexa en pasos de 4 entradas (tributarios de nivel inferior) para obtener la jerarquía superior. Al hablar de una jerarquía superior esta hace referencia a multiplicar 4 tributarios de un nivel anterior.

Figura 30
Orden Jerárquico



Fuente: (Alvarez, 2004)

Tabla 4
Características de la Jerarquía Digital Plesiócrona.

Jerarquía Europea		Velocidad	Canales
Primera	E1	2.048 kb/s	30
Segunda	E2	8.448 kb/s	120
Tercera	E3	34.368 kb/s	480
Cuarta	E4	139.268 kb/s	1920
Quinta	E5	564.992 kb/s	7680
Jerarquía USA		Velocidad	Canales
Primera	DS1	1.544 kb/s	24
Segunda	DS2	6.312 kb/s	96
Tercera	DS3	44.736 kb/s	674

Fuente: El Autor

4.3.2. Red SDH.

El Origen de esta tecnología fue diseñada para sobrellevar las deficiencias de compatibilidad de los sistemas de transmisión PDH, así mismo para que los operadores puedan desplegar redes flexibles y resistentes, ya que de esta manera el insertar y extraer canales puede ser realizado en un simple multiplexor.

La posibilidad de emplear este tipo de red de transporte ha permitido por ejemplo definir interfaces estándar entre equipamientos de diferentes fabricantes y la necesidad de facilitar interconexión de redes entre jerarquías de transmisión de Norte América y de Europa. Este estándar presenta una serie de ventajas con respecto al anterior estándar plesiócrono (PDH). (Alvarez, 2004)

La Jerarquía Digital Sincrónica (SDH, por sus siglas en inglés), se puede considerar como la revolución de los sistemas de transmisión como consecuencia de la utilización de la fibra óptica como medio de transmisión, así como de la necesidad de sistemas más flexibles y que soporten anchos de banda elevados. La jerarquía SDH se desarrolló en los Estados Unidos bajo el nombre de SONET y posteriormente el CCITT (Hoy UIT-T) en 1989 publicó una serie de recomendaciones donde quedaba definida con el nombre de SDH.

Al hablar de SDH se puede decir que se logra transportar grandes flujos de tráfico de diferentes tipos al igual que es una infraestructura basada en la Capa 1 del modelo OSI.

Al ser síncrona, SDH utiliza una referencia de reloj común con la que multiplexa señales en una jerarquía común. Éste Clock ayuda a gestionar la transmisión de las señales, las cuales serán enviadas al tráfico de información tales como voz, video, multimedia, datos que son generados en protocolos superiores, gestionando el ancho de banda eficientemente, detectando fallos y recuperando la transmisión de forma transparente. (Basilio Zambrano, 2011)

Es un sistema de transporte digital sincrónico que está basado en la superposición de una señal multiplexada sincrónica sobre un haz de luz transmitido sobre un cable de fibra óptica. Recoge las siguientes recomendaciones mostradas en la Tabla 5.

Tabla 5
Recomendaciones ITU-T SDH

Recomendación ITU-T	Descripción
G. 707	Velocidad de bits de SDH.
G. 708	Interfaz de nodos en la red para SDH.
G. 709	Estructura de multiplexación sincrónica

Fuente: (Carrasco Romero Fiallos)

La ITU-T definen un número de tasas básicas de transmisión que se pueden emplear en SDH. La primera de estas tasas es 155.52 Mbps, normalmente referidas como un STM-1 (Módulo de Transporte Síncrono). Mayores tasas de transmisión como el STM-4, el STM-16, y el STM-64 (622.08 Mbps, 2488.32 Mbps y 9953.28 Mbps respectivamente) están también definidas.

Las recomendaciones también definen una estructura de multiplexación donde una señal STM-1 puede portar un número de señales de menor tasa de transmisión formando parte de su carga útil. Las señales existentes como PDH pueden ser portadas sobre la red SDH como carga útil. (Alvarez, 2004)

4.3.2.1. Estructura de multiplexación SDH.

Antes de indicar cual es la estructura de multiplexación cabe recalcar el significado de los siguientes términos y su función:

- **Contenedor (C-n):** Estructura de información con capacidad de transmisión estándar para transportar señales PDH o B-ISDN. Este contiene tanto bits de información como de justificación para sincronizar la señal PDH al reloj de frecuencia SDH, al igual que otros bits con función de relleno.
- **Contenedor virtual (VC-n):** Estructura de información con soporte para la interconexión en la capa de trayecto que consiste en carga útil de información y sección del trayecto (POH) para administrar el trayecto de VC. Por ejemplo, VC-2, VC-11 y VC-12 son contenedores virtuales de orden inferior con carga útil C-2, C-11 y C12 respectivamente. VC-3 y VC-4 son los de orden superior con carga útil C-3 y C-4 respectivamente o combinación de varias capas de orden inferior. A este proceso se le llama comúnmente “mapear”.

- **Unidad tributaria (TU-n):** Estructura de información cuya función consiste en proveer adaptación entre un VC de orden inferior y uno de orden superior. Esta consiste en un VC de orden inferior y un puntero TU el cual se encarga de mostrar el desplazamiento entre el comienzo de la trama VC de orden inferior y el de la trama VC de orden superior. A esto también se le llama “alineamiento” (aligning).
- **Grupo de unidades tributarias (TUG-n):** Se encarga de combinar una o varias unidades tributarias (TU). Por ejemplo, un TUG-2 puede combinar un solo TU-2 o un grupo homogéneo de TU-1s idénticos y un TUG-3 puede combinar un TU-3 o un grupo homogéneo de TUG-2.
- **Unidad administrativa (AU-n):** Estructura de información cuya función consiste en proveer adaptación entre una carga útil de un VC de orden superior y un STM-N. Esta consiste de un VC de orden superior y un puntero AU el cual se encarga de mostrar el desplazamiento entre el comienzo de una trama VC de orden superior y el de una trama STM-N. Por ejemplo, AU-4 consiste de un VC-4 y un puntero AU, mientras que AU-3 consiste de un VC-3 y un puntero AU.
- **Grupo de unidad administrativa (AUG):** Grupo homogéneo de un AU-4 o tres AU-3 combinados por multiplexión por intercalación de bytes.
- **Módulo de transporte síncrono (STM-N):** Estructura de información con soporte para conexión de estrato de sección que consiste en carga útil de información y tara de sección (SOH) para gestión de sección. 155,52 Mb/s es lo definido como un SM básico. En STM-N, la velocidad es determinada por N, donde este representa un múltiplo entero de 155,52 Mb/s.

Hay dos formas de formar una señal STM-N. Una es a través de AU-3, usada en Estados Unidos, Japón y algunos otros países, conocida en Norteamérica como SONET (red óptica síncrona). La otra es a través de AU-4, usada en todos los demás países. Para interconectar estos dos estándares, se utiliza normalmente un TUG-2.

Continuando con la multiplexación a una señal STM-1 tenemos que esta se puede ser constituida de diferentes modos. Los VC-4 que formarán la carga útil de la estructura STM pueden contener una señal PDH de 140 Mbps, tres señales PDH de 34 Mbps, sesenta

y tres señales PDH de 2 Mbps o combinaciones de ellas, de modo que la capacidad total no sea excedida. Cuando son necesarias tasas de transmisión mayores que STM-1, éstas son obtenidas usando un simple esquema de concatenación de bytes, alcanzando tasas de 622 Mbps (STM-4), 2.5 Gbps (STM-16) y 10 Gbps (STM-64). (Alvarez, 2004)

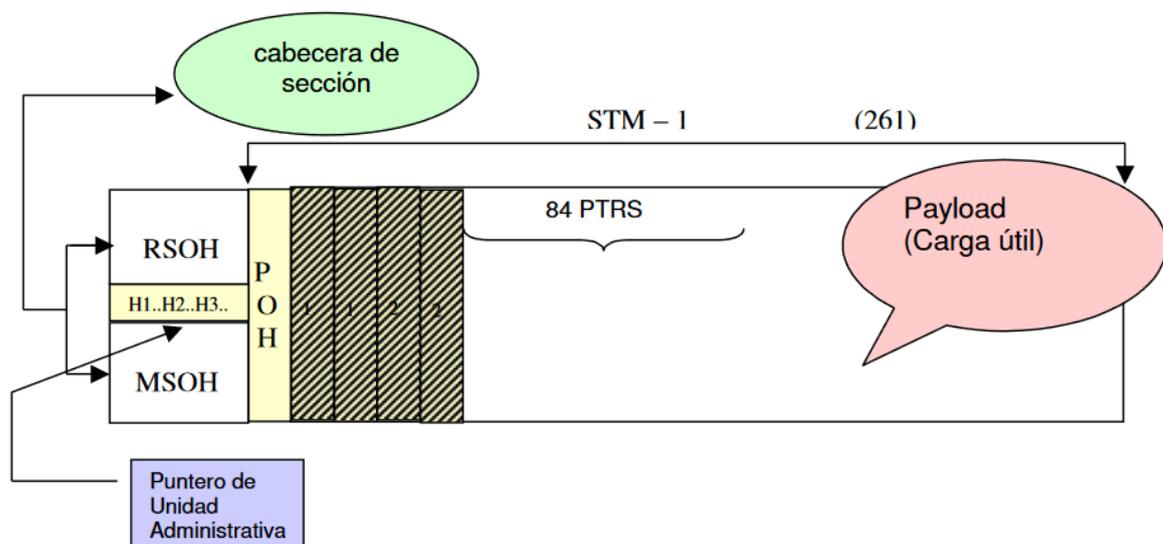
4.3.2.2. Trama STM-1.

La jerarquía STM-1 es la menor velocidad prevista para la transmisión a través de un enlace de SDH, es decir es la jerarquía básica. La STM-1 tiene una estructura de trama que se conforma de 2430 bytes en serie. Que por lo general se ilustra en forma de matriz para hacer más cómoda su representación, quedando entonces una estructura bidimensional de 9 filas, con 270 bytes por fila. Esta matriz debe ser recorrida en izquierda a derecha, y en sentido descendente, para así ir siguiendo la secuencia en serie.

La duración de una trama STM-1 es de 125 microsegundos. Se transmiten a 155.520 Kbps mediante interfaz eléctrico u óptico. La división de la trama STM-1 es la siguiente:

- Área de payload (2349 bytes).
- Área de puntero de Unidad Administrativa (9 bytes).
- Área de cabecera de sección (72 bytes).

Figura 31
Orden Jerárquico



Fuente: (Alvarez, 2004)

4.3.2.3. *Funciones de un sistema síncrona.*

Con la introducción de SDH se hizo posible combinar las tres funciones en un simple elemento de red.

- **Funcionalidad de un Elemento de Red:** Multiplexión: Es la combinación de diversas señales de baja velocidad en una única señal de alta velocidad, con lo cual se consigue una máxima utilización de la infraestructura física. Los sistemas de transmisión síncronos emplean la Multiplexión por División en el Tiempo (TDM).
- **Terminación de línea/Transmisión:** En una dirección la señal digital tributaria es terminada, multiplexada y transmitida en una señal de mayor velocidad. En la dirección opuesta, la señal de mayor tasa de transmisión es terminada, demultiplexada y reconstruida la señal digital de tributario. Esta es la tarea de terminales de línea. Las redes de transmisión síncrona usan típicamente fibra óptica como enlaces de transporte físico así que esto requiere la terminación y transmisión de señales ópticas.

En sistemas PDH las tareas de terminación, multiplexión y transmisión requieren diferentes módulos independientes de equipamiento, pero en SDH estas funciones pueden ser combinadas en un único elemento de red.

- **Cross-Conexiones:** Un sistema Cross-Connect constituye un Nodo de Red SDH similar a una central de conmutación (de tributarios en lugar de canales, según el gráfico número 6. Originalmente, la forma de distribuir los tributarios de 2 Mb/s en una trama se efectuaba en forma rígida mediante el cableado (operación hard). Los sistemas Cross-Connect DXC permiten realizarlo mediante software de acuerdo a las necesidades del tráfico en cada momento; se trata de un distribuidor electrónico (digital). Por lo tanto, la conmutación está gobernada por el personal de Operaciones del Cross-Connect (la selección en una central local de conmutación la gobierna la señalización de usuario). En una central de la red PDH las entradas son a 2 Mb/s mientras que en Cross-Connect las entradas son a 2-34-140 Mb/s de la jerarquía PDH y 155 Mb/s de la SDH. Incluso puede integrarse en

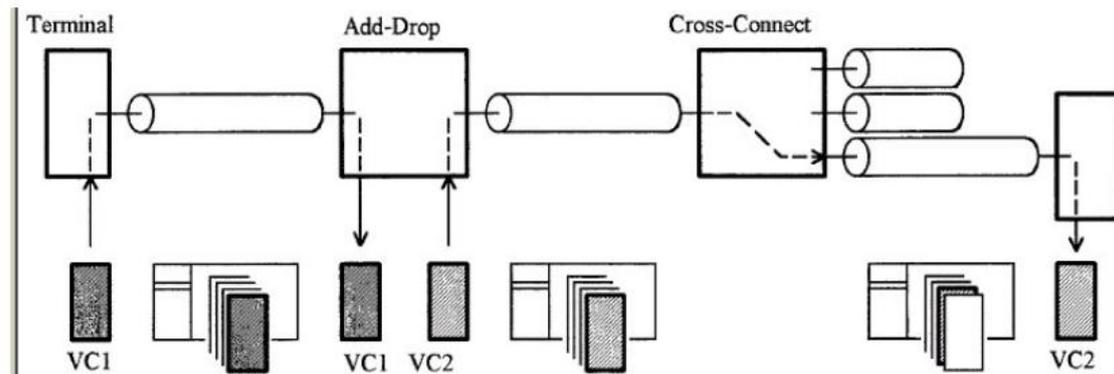
una red totalmente PDH previamente a la conexión de canales SDH. Se disponen de las siguientes operaciones Cross-Connect:

-DXC 4/3/1 (entradas a 2, 34, 45, 140 Mb/s y STM-1)

-DXC 4/4 (entradas a 140 Mb/s y STM-1)

Figura 32

Esquema de conexión Cross-Connect.



Fuente: (Alvarez, 2004)

4.3.3. Red DWDM.

Multiplexación por División de Longitud de onda Densa, es una tecnología que efectúa funciones de amplificación, encaminamiento, extracción e inserción de señales, todo en el dominio óptico, brinda transparencia respecto a las señales que transporta, gran ancho de banda y soporta grandes distancias sin requerir que la señal se regenere al dominio eléctrico.

DWDM se deriva de la tecnología WDM, la cual inició a finales de la década de 1980 usando las dos longitudes de onda muy espaciadas, 1310 nm y 1550 nm, en ocasiones llamado WDM de banda ancha.

La especificación UIT-T G.694.1 contiene la rejilla de frecuencias para DWDM, el espaciamiento de canales es de 100 GHz y 50GHz, para lograr la interoperabilidad de los equipos de distintos fabricantes, así el usuario puede optar por las frecuencias descritas dentro de esta rejilla. Para tener una rejilla de espaciamiento de 200 GHz, solo se debe tomar las frecuencias pares o impares, igualmente, si se pretende tener un espaciamiento de 400 GHz, se toma una frecuencia cada cuatro de la rejilla. La rejilla de 100 GHz es

apropiada para sistemas de 16 a 40 canales, la de 200 GHz, para sistemas de 8 a 16 canales, y la de 400 GHz, para sistemas de 2 o 4 canales.

4.3.3.1. *Parámetros de transmisión DWDM.*

- **Espaciamiento de canales:** Como ya se especificó anteriormente, el espaciamiento entre canales puede ser de 100GHz o de 50GHz, según las especificaciones de la UIT-T G.694.1. Cuanto menor sea el espaciamiento entre canales, mayor será la diafonía y se limita la máxima velocidad de datos por longitud de onda que se pretende transmitir.
- **Dirección de la señal:** Los sistemas DWDM pueden ser implementados de dos formas, Unidireccional: Todas las longitudes de onda viajan en una misma dirección en la fibra, se requieren dos fibras para la transmisión en ambos sentidos o Bidireccional: El canal es subdividido en dos lambdas, una para cada dirección, esto elimina la necesidad de otra fibra, pero reduce la capacidad de ancho de banda a transmitir.
- **Ancho de banda de la señal:** Con sistemas DWDM se puede transmitir señales ópticas con grandes anchos de banda. Los sistemas DWDM generalmente tienen una velocidad de 10 Gbps y multiplexan 240 canales proporcionando un ancho de banda de 2.4Tbps, los sistemas que actualmente están en desarrollo tienen capacidad de transmisión a velocidades de 40Gbps multiplexando 300 canales con un ancho de banda de 12Tbps. Lo que restringe transmitir con esos anchos de banda, es la capacidad que tengan los equipos de conmutación.
- **Potencia de la señal:** La potencia decrece exponencialmente con la distancia, la potencia de entrada la suministra el láser emisor, mientras que la potencia de salida es el resultado de varios procesos, como, atenuación, dispersión, amplificación, etc.
- **Codificación:** Las señales eléctricas que transportan las portadoras se codifican en el momento de convertirlas en señales ópticas para transmitir las. Las codificaciones en dominio óptico que se utilizan con mayor frecuencia son No Retorno a Cero (NRZ) y retorno a cero (RZ).

- **Tasa de bit errado BER:** Se refiere al número de bits errados en un total de bits transmitidos, el valor típico es de 10^{-12} en sistemas SONET y de 10^{-15} en sistemas DWDM de larga distancia.
- **Relación señal a ruido óptico (OSNR):** El ruido se presenta en sistemas ópticos que incluyen procesos de amplificación, especifica la razón entre la potencia neta de la señal P_s (dB) y la potencia neta de ruido P_n (dB).

Fórmula 1

Fórmula señal a ruido óptico.

$$OSNR = 10 \log \frac{P_s}{P_n}$$

Fuente: (Proano, 2009)

4.3.3.2. Componentes de un sistema DWDM.

Un sistema DWDM consta principalmente de cinco componentes:

- **Transductor:** Cambia las señales eléctricas (bits) a un formato óptico, para este fin se usa el láser como fuente de luz, pues emite haces de luz a una misma fase y frecuencia.
- **Multiplexor y Demultiplexor:** El multiplexor óptico combina todas las longitudes de onda, las mismas que representan un canal y llevan su propia información, para enviarlas simultáneamente por la fibra óptica, el demultiplexor realiza las funciones contraria al multiplexor. Estos procesos introducen pérdidas en el sistema.
- **Amplificador óptico:** Regeneran la señal cuando se ha sobrepasado la longitud de la fibra óptica, la longitud se encuentra limitada por parámetros como la atenuación, además permiten amplificar todas las longitudes de onda simultáneamente y sin necesidad de conversión óptica-eléctrica-óptica, e incrementar la potencia de la señal antes de la demultiplexación o después de la multiplexación.

Los amplificadores ópticos más usados son el EDFA (Erbium Doped Fiber Amplifier) y el RFA (Raman Fiber Amplifier); los parámetros primordiales en un amplificador son: la ganancia que típicamente es mayor o igual a 30dB, el nivel de ruido y la potencia de salida cuyo valor típico es de +17dB o más.

- **Fibra óptica:** Provee el medio físico para el transporte, según las recomendaciones para DWDM, las fibras ópticas permitidas son:
 - NDSF: Fibra óptica de dispersión no desplazada. UIT-T G.652.
 - DSF: Fibra óptica de dispersión desplazada. UIT-T G.653.
 - NZDSF: Fibra óptica de dispersión desplazada no nula. UIT-T G.655.
- **Receptor:** Detecta pulsos ópticos y los convierte en eléctricos (bits), son más complejos pues trabajan a todas las velocidades de bit y protocolos especificadas, los detectores ópticos más usados en los receptores son los diodos PIN o ADP.

4.3.3.3. Topologías en los sistemas DWDM.

- **Punto a punto:** Para enlaces entre grandes centros empresariales se requiere únicamente convertir el tráfico en longitudes de onda específica y su multiplexación, no es indispensable instalar OADMs. Poseen gran velocidad de canal y alta fiabilidad y entereza de la señal.
- **Anillo:** Más frecuente en redes metropolitanas, puede ser implementado con uno o más sistemas DWDM, soporta todo tipo de tráfico, puede estar compuesto de un concentrador y uno o más OADM. El nodo concentrador proporciona conectividad a redes ya implantadas, aquí, el tráfico se origina, finaliza y se controla. Las longitudes de onda seleccionadas son añadidas o extraídas en los nodos OADM. Con esta topología el sistema puede aprovisionar acceso a elementos de red como, ruteadores, conmutadores o servidores, pero mientras el número de OADM se acrecienta, las pérdidas también aumentan y se puede requerir amplificar la señal.

- **Malladas:** Esta topología tendrá mayor auge al paso del tiempo, porque presenta mayor robustez que las topologías anteriores. (Proano, 2009)

4.4. Internet.

Hoy en día prácticamente todo está conectado a Internet, la gran red de redes de computadoras, que permite el envío recíproco de información a lo largo de enormes distancias.

Se trata de una intrincada red de computadores interconectados de manera recíproca, para compartir un inmenso volumen de datos de cualquier naturaleza, a través de cables de fibra de vidrio, cables coaxiales o a través de ondas de radio (Wifi). Internet permite diversos servicios como la World Wide Web, el correo electrónico, el servicio de streaming, etc. (Equipo editorial, Espectro Visible, 2021)

4.5. CNT EP.

La Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT EP (CNT EP), estilizado como Cnt, es una empresa estatal de telecomunicaciones ecuatoriana creada el 30 de octubre de 2008; opera servicios de telefonía fija local, regional e internacional, acceso a internet estándar y de alta velocidad (Dial-UP, DSL, Internet móvil 3g y 4G LTE), televisión satelital y telefonía móvil en el territorio nacional ecuatoriano.

4.6. Zamora Chinchipe.

Zamora Chinchipe es una de las 24 provincias que conforman la República del Ecuador, situada en el sur del país, en la zona geográfica conocida como región amazónica principalmente sobre una orografía montañosa única, que la distingue del resto de provincias amazónicas.

Su capital administrativa es la ciudad de Zamora, la cual además es su urbe más grande y poblada. Zamora Chinchipe está dividido en nueve cantones: Centinela del Cóndor, Chinchipe, El Pangui, Nangaritza, Palanda, Paquisha, Yacuambi, Yantzaza y Zamora.

5. Metodología.

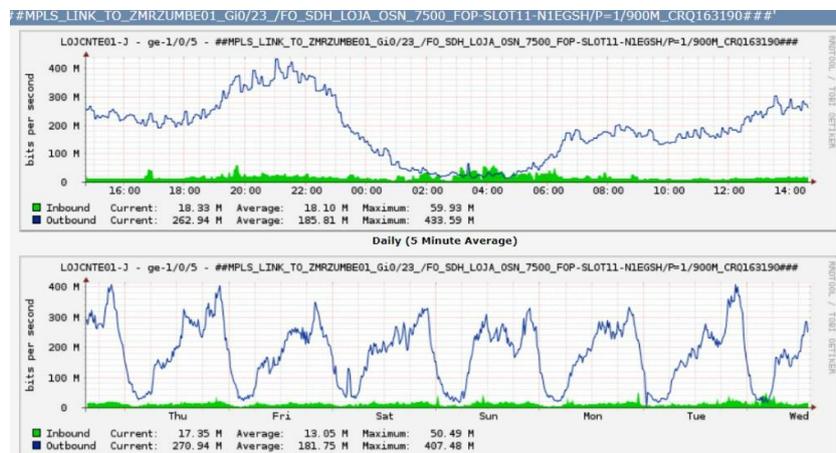
5.1. Preparación.

Esta fase es utilizada para establecer el escenario actual, características técnicas de la red en la cual se describe rutas alternas, medio de transmisión, red de transporte y la instalación.

5.1.1. Características Técnicas de la Red.

El enlace principal es por medio de Fibra Óptica (Vilcabamba-Yangana-Añañan-Valladolid-Palanda-Zumba-Romerillos) el cual debido a la geografía que posee la amazonia su ruta está expuesta a eventos como caída de árboles, derrumbes y accidentes de tránsito, ocasionando interrupciones de los servicios, aproximadamente tiene un consumo de 1 Gbps en horas de poca saturación, pero debido al crecimiento de la red y nuevos servicios de internet banda ancha con Tecnología GPON, clientes Gubernamentales Corporativos e ISP's, es indispensable contar con un enlace de respaldo capaz de garantizar la transmisión que su enlace principal.

Figura 33
Gráfica Consumo.



Fuente: (CNT, Aplicativo SPIA, 2023)

La motivación de este diseño se basa en las incidencias recurrentes en el enlace troncal principal, ocasionando molestias a los usuarios, teniendo en cuenta que son localidades distantes, fronterizas y su oportuna atención depende de factores climáticos y condiciones de la vía de acceso, en la Figura 34 se muestra un formato de Ticket o Incidencia que se genera y es reportado para la atención inmediata.

Figura 34
Formato Incidencia.



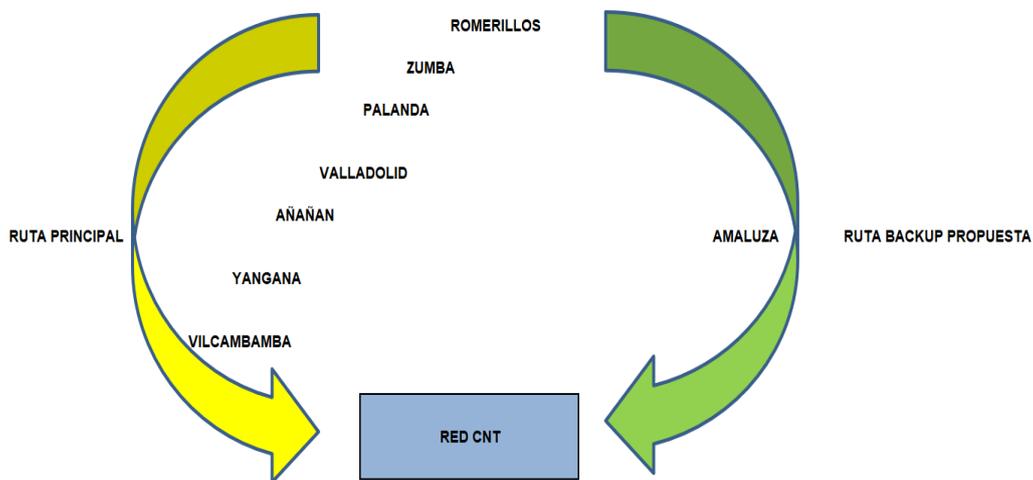
Fuente: (CNT, Email Institucional, 2023)

5.1.2. Redundancia de Ruta.

Cuando hablamos de redundancia hablamos de respaldo, es decir, los datos tendrán dos caminos utilizando una distinta ruta, esto permitirá cerrar los anillos de F.O. y disminuir fallos de comunicación, ya que los enlaces estarán protegidos y configurados de tal manera que, si la ruta principal sufre algún percance, su ruta secundaria entrará en operación inmediatamente evitando pérdida de comunicación.

En este caso de estudio se propone que el respaldo del enlace principal tenga su origen desde la provincia de Loja, cantón Espíndola y su lugar de destino la provincia de Zamora Chinchipe, cantón Chinchipe.

Figura 35
Cierre de Anillo, Ruta Enlace Principal y Backup Propuesto.



Fuente: El Autor

5.1.3. Red de Transporte.

Este diseño de red será realizado a través de la red de transporte SDH (Jerarquía Digital Síncrona), la cual permite obtener una infraestructura de red menos compleja, flexible, permite la gestión del ancho de banda eficientemente con miras a ofrecer mejor experiencia y QoS a los usuarios.

Está compuesta por dos puntos, el primero se encuentra en la provincia de Loja, cantón Espíndola, central Amaluza y el segundo punto estará ubicado en la provincia de Zamora Chinchipe, Cantón Chinchipe, central Zumba, ambas central serán las portadoras del enlace.

5.1.4. Medio Transmisión.

El enlace Backup propuesto es a través de Fibra Óptica, el mismo que será aéreo en un 98%, por lo cual se decide utilizar cable aéreo de fibra óptica de 12 hilos, estructura holgada, ADSS, monomodo OS2, recomendación ITU-T G.652 D. El cual tiene un núcleo de vidrio pequeño de 8 a 10 micras, con ello cubriremos la distancia de la ruta que es aproximadamente 90km y obtendremos menor atenuación en la transmisión de datos.

5.1.5. Instalación.

Su instalación involucra 2 centrales y un repetidor, en este caso iniciando el tendido de forma aérea desde la central Amaluza a través de los postes eléctricos existentes de la EERSSA y los proyectados (colocación de postería) en la vía Amaluza-Zumba, ingresará al repetidor Romerillos (Actualmente se encuentra una fibra óptica existente que proviene de la central Zumba), sitio donde se realizará un patcheo a nivel de ODFs. (Romerillos-Zumba) y concluirá su recorrido hasta la central Zumba.

5.2. Planificación.

Se elaborará una planificación del proyecto para administrar cada una de las tareas a realizar, se asignan a los responsables para las actividades a través de un plan de trabajo en base al presupuesto otorgado, y se verifican cada una de las actividades y sus tiempos estimados en un cronograma.

5.2.1. Plan de Trabajo.

El presente proyecto contempla el diseño para la construcción de aproximadamente 85 Km de Fibra Óptica entre las provincias de Loja y Zamora Chinchipe, específicamente desde el cantón Espíndola (Central Amaluza) hacia el cantón

Chinchipe (Central Zumba) bajo la normativa vigente de Diseño y Construcción de CNT EP, para atender la demanda, crecimiento de tráfico en la red, creación de ruta de respaldo y posibles migraciones o descongestiones de los servicios que ofrece la corporación (Telefonía e Internet móvil, fijo, CDMA 450 etc.)

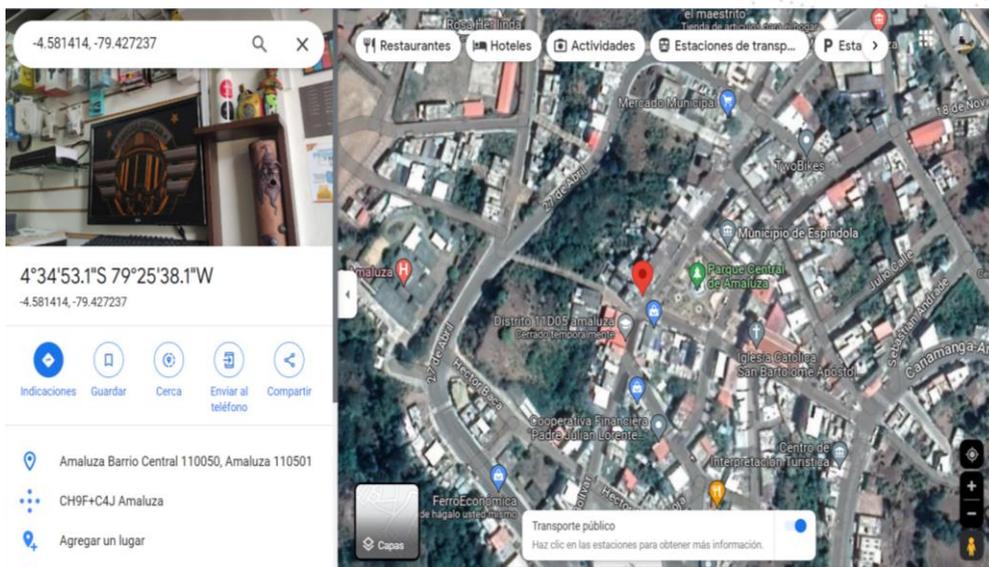
El cantón Espíndola es uno de los cantones más antiguos de la Provincia de Loja, aunque no se conoce con exactitud la fecha de su fundación, se cree que los sobrevivientes de la ciudad española de Valladolid se establecieron en el lugar. Los paisajes del lugar, formados por hermosas lagunas son únicos y encantadores, rodeados de orquídeas, árboles frutales y animales exóticos.

Un hermoso jardín para visitar ubicado al sur oriente de la Provincia de Loja. Espíndola y sus grandes y paradisíacos sitios turísticos reciben al visitante con los brazos abiertos e invitan a conocer sus costumbres y tradiciones, la gente se caracteriza por su dedicación al trabajo y a la superación diaria para ver crecer a su cantón día a día.

La Población del cantón es de 17.584 habitantes, su temperatura promedio: 20°C, superficie: 513.9 Km2, la parroquia urbana es Amaluza y sus parroquias rurales son: La Naranja o 27 de Abril, Bellavista, El Airo, El Ingenio, Jimbura y Santa Teresita.

A continuación, a través de la herramienta Google Maps, se presenta la localidad mencionada y las coordenadas de su central de telecomunicaciones.

Figura 36
C. Amaluza 4°34'53.1"S 79°25'38.1"W -4.581414, -79.427237



Fuente: El Autor.

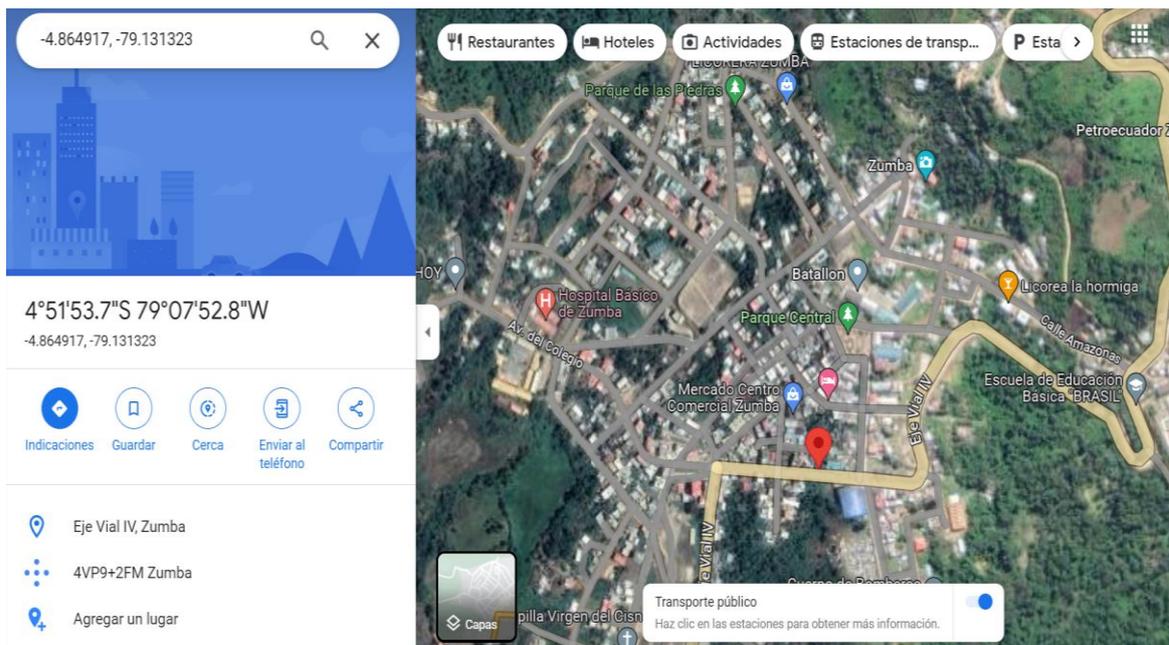
El cantón Chinchipe se ubica en el extremo sur de la provincia amazónica de Zamora Chinchipe. Ubicado entre los 04° 41' 18'' y 05° 00' 59'' (Hito quebrada San Francisco) de Latitud Sur y entre los 78° 53' 10'' (Hito Jesús) y los 79° 26' 07'' (Hito Nacientes del Río Quingo) de Longitud Occidental.

Su cabecera cantonal Zumba, integrado por las parroquias de Zumba, Chito, El Chorro Pucapamba y la Chonta. Limita al Norte con el cantón Palanda, siendo su límite natural el río Palanumá, el Mayo Chinchipe y el Punchis. Al Sur y al Este limita con la República del Perú y al Oeste con la República del Perú y el cantón Espíndola de la provincia de Loja, *tiene una superficie aproximada de 1.020 km²*.

De la misma manera, a través de la herramienta Google Maps, se presenta la localidad descrita y las coordenadas de su central de telecomunicaciones.

Figura 37

C. Zumba, 4°51'53.7"S 79°07'52.8"W -4.864917, -79.131323



Fuente: El Autor.

5.2.2. *Recurso Humano.*

En este tipo de proyectos es de vital importancia tener un grupo de trabajo para dividir cada una de las siguientes tareas y actividades;

- **Key Account Manager:**
 - Gestión necesaria para la elaboración y aprobación del proyecto.

- Presentación de todo el proceso al departamento de ingeniería.
- Realizar el análisis costo-beneficio para la empresa.

Tabla 6
Actividades Key Account Manager.

Numero de WP	WP1
Título de WP	Gestión del proyecto.
Responsable	Key Account manager
Objetivo	Coordinación y presentación del proyecto.
Descripción	<ul style="list-style-type: none">- Presentación del desarrollo del proyecto- Control de los avances- Cierre del proyecto
Entregables	<ul style="list-style-type: none">- Ante proyecto.- Proyecto.

Fuente: El autor.

- **PM Negociación:**

- Realizar la gestión de obtención de permisos con otras instituciones involucradas (MTOPE, EERSSA, MAE entre otras).
- Realiza la gestión de provisión de equipos y materiales en caso de implementación (construcción).

Tabla 7
Actividades PM Negociación.

Numero de WP	WP2
Título de WP	Logística
Responsable	PM Negociación
Objetivo	Gestionar la adquisición de permisos, herramientas y materiales para la construcción de obra.
Descripción	<ul style="list-style-type: none">- Coordinar con el PM de ingeniería los materiales a utilizar- Coordinar con los proveedores locales y extranjeros para la adquisición de materiales.- Coordinar permisos para el uso de infraestructura con otras instituciones y permisos.- Control del stock de los materiales del proyecto.
Entregables	<ul style="list-style-type: none">- Presentación de facturas y control de pagos a proveedores.- Presentación de Permisos Aprobados.

Fuente: El autor.

- **PM Ingeniería:**

- Planificar el desarrollo de las actividades técnicas del proyecto.

- Coordinar con los miembros del equipo, la ejecución de las actividades.
- Realiza informes de gestión y avances.

Tabla 8
Actividades PM Ingeniería.

Numero de WP	WP3
Título de WP	Diseño e implementación
Responsable	PM Ingeniería
Objetivo	Realizar la planificación y ejecución del proyecto
Descripción	<ul style="list-style-type: none">- Presentar el listado de materiales para ser adquiridos por PM Logística.- Presentar el diseño para la implementación.- Realizar el cronograma de actividades para la implementación del proyecto.- Presentar avances periódicos de las actividades realizadas.
Entregables	<ul style="list-style-type: none">- Diseño Cad.

Fuente: El autor.

En vista que el desarrollo del presente tema de investigación es realizado por un solo maestrante, y se enmarcará en el bosquejo y no en la implementación, solo se desempeñará actividades referentes a diseño.

5.2.3. Presupuesto.

El presupuesto juega un papel principal, ya que con la disponibilidad de recursos se puede proyectar, realizar las modificaciones necesarias y ajustarse al mismo. Para el presente proyecto conforme al diseño realizado se presentará los montos de los elementos de planta externa necesarios en un volumen de obra.

5.2.4. Gestión de Plan de calidad.

- Asegurar que el costo del proyecto no exceda al presupuesto.
- Asegurar el desempeño óptimo del grupo de trabajo para las actividades asignadas.
- Garantizar la disposición de materiales, equipos y herramientas durante todo el proceso de implementación (supuesto).
- Entregar el proyecto en el tiempo planificado.

5.2.5. *Cronograma.*

El cronograma de actividades de un proyecto es de vital importancia para tener una idea clara y ordenada de su desarrollo, con ello gestionamos adecuadamente el tiempo en todas sus fases estableciendo fechas para cada actividad.

Para realizarlo se utilizará un diagrama de Gantt que es una herramienta de planificación y gestión de proyectos para visualizar las tareas y principales objetivos de este diseño. Para mejor visualización en el Anexo 4, se mostrará el cronograma de actividades para el “Diseño de un enlace backup de fibra óptica, para la Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT EP, cantón Chinchipe, provincia Zamora Chinchipe”.

5.3. *Diseño.*

En esta etapa se desarrolla el diseño de la red con todas las especificaciones y requerimientos técnicos, análisis de cada etapa y finalmente su presupuesto, en esta parte fase se incluyen los diagramas de red y lista de equipos tecnológicos que se usaran de acuerdo a lo analizado en las etapas anteriores.

5.3.1. *Visita en campo.*

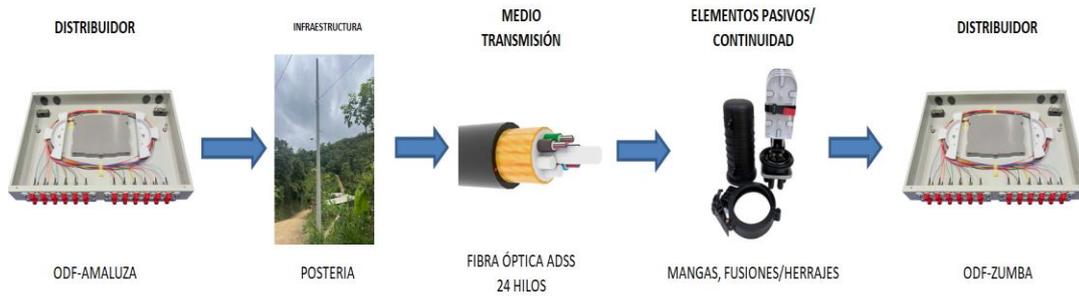
El diseño del presente enlace involucra una visita previa en campo para determinar la geografía, escenario actual y complicaciones que se puedan presentar en el sitio destinado para realizar el proyecto, por lo cual es de vital importancia validar la ruta de acceso e infraestructura existente.

Se plantea el recorrido primeramente desde la provincia de Loja por la Ruta Amaluza-Jimbura, recorrido propuesto en 7 días dependiendo de las precipitaciones climáticas, luego de ello se continua hacia la provincia de Zamora Chinchipe ruta San Andrés-Romerillos-Zumba igualmente utilizando 7 días.

5.3.2. *Planta Externa.*

El diseño de la Planta Externa será bajo los parámetros de Diseño y Construcción de CNT EP, se determina el siguiente diagrama de planta externa para este proyecto en la siguiente figura.

Figura 38
Diagrama Planta Externa Ruta Amaluza-Zumba



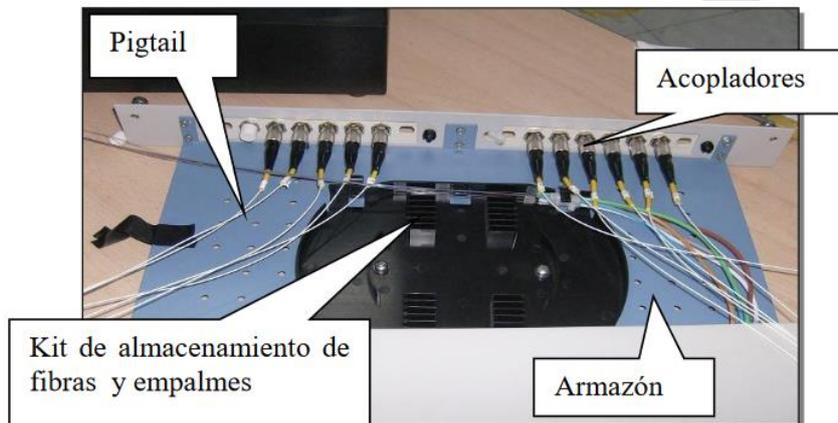
Fuente: El Autor

5.3.2.1. ODF.

El ODF, Distribuidor de Fibra Óptica, permite habilitar los hilos de fibra óptica del cable instalado a fin de conectorizarlos físicamente hacia las interfaces de los quipos de transmisión. Se proyectan dos ODFs por enlace, dependiendo del tipo de fibra del enlace, se deberá instalar ODF con pigtailed de fibra tipo G.652D o G655C. En nuestro caso será pigtailed tipo FC/PC recomendación ITU G.652D.

Todas las fibras del enlace deben ser empalmadas (fusionadas) con los pigtailed y deben quedar listas para su utilización. El espacio en las bandejas debe ser suficiente para que alojen en ella las reservas de los buffers, fibras y empalmes, así como también para cumplir con el radio mínimo de curvatura de la fibra, en este caso al trabajar con fibra óptica monomodo es de alrededor de 20 mm, pero se recomienda consultar con el fabricante, con la finalidad de contar con el radio de curvatura exacto.

Figura 39
ODF y sus elementos.



Fuente: El Autor

Una vez Organizado el ODF, se debe colocar en el Rack asignado y realizar su correcto etiquetado en donde se colocará información relevante del enlace.

Figura 40
Etiquetado Frontal ODF.

Nombre del Enlace:
Distancia (km):
Distancia medida (km):
Atenuación teórica:
Atenuación medida:

Fuente: (CNT, GERENCIA DE INGENIERÍA / ACCESO FIJO NORMATIVA DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE REDES DE TELECOMUNICACIONES CON FIBRA ÓPTICA, 2012)

5.3.2.2. *Postería.*

De acuerdo a las aplicaciones y al tipo de enlace, existe la necesidad de proyectar postería para el tendido de la fibra óptica ya que la ruta no cuenta con infraestructura, en este caso serán postes de hormigón para dar mayor seguridad tanto al instalador como al enlace ante posible impactos, se concluye proyectar postería de longitud de 12 metros luego de la visita previa realizada.

La distancia entre postes debe ser hasta 120 metros, ya que se va emplear cable de Fibra Óptica ADSS vano 120, el vano es la distancia máxima de autosoporte del cable.

El punto de colocación de los postes será de acuerdo a las coordenadas georreferenciadas e ilustración del plano técnico elaborado previamente en formato. CAD. Cada uno de los postes instalados deben estar correctamente pintados y numerados de acuerdo a la normativa interna de la corporación, así mismo se debe garantizar su correcta instalación, utilizando elementos mecánicos como retenidas simples o dobles sujetas al terreno.

Figura 41
Poste Numerado y Pintado.



Fuente: El Autor

5.3.2.3. Elementos de sujeción para Cable de Fibra Óptica ADSS.

5.3.2.3.1. Herraje Tipo A.

El herraje tipo A o herraje terminal se utiliza en el inicio o fin de un enlace, en los cambios de dirección de la ruta, en tramos mayores o iguales a 90 metros y después de dos herrajes B consecutivos. Debe estar constituido de lo siguiente:

- Herraje básico terminal para poste, que debe incluir el material de sujeción: Cinta Eriband 3/4, Flejadora, Hebillas.
- Varillas de extensión.

Figura 42
Herraje Tipo A.



Fuente: (ARPATEL, Herraje Tipo A)

5.3.2.3.2. *Herraje Tipo B.*

El herraje tipo B o de paso se utiliza en tramos rectos de la ruta para distancias menores de 90 metros. Debe estar constituido por lo siguiente:

- Herraje básico de soporte, que incluye el material de sujeción al poste: Cinta Eriband 3/4, Flejadora, Hebillas.
- Elemento de soporte del cable de forma cilíndrica, mismo que en su interior tiene material antideslizante para evitar que la fibra resbale.

Figura 43
Herraje Tipo B.



Fuente: (ARPATEL, Herraje Tipo B)

5.3.2.3.3. *Herraje Tipo Brazo Farol.*

El herraje tipo brazo farol puede medir desde 50 cm., hasta 1,50 m., se lo utiliza para retirar el cable de posibles obstáculos en la ruta, como peñas, arboles por ejemplo o en rutas en las cuales los postes no se encuentren alineados y sea complicada la instalación del cable. Para su colocación debe incluir el material de sujeción: Cinta Eriband 3/4, Flejadora, Hebillas.

Figura 44
Herraje Tipo Farol



Fuente: (MACREPRESENTACIONES)

5.3.2.3.4. *Preformado Helicoidal.*

El preformado se utilizará para sostener la fibra óptica tipo ADSS en el herraje, las varillas que componen los conjuntos preformados están diseñados para evitar daños en el montaje y al cable que van a soportar, además llevan en su interior un material antideslizante y así evitar que el cable resbale o se deslice.

El número de varillas, su diámetro, longitud y color de identificación, permiten reconocer el accesorio. Para la identificación del preformado se deberá indicar el material con el que están fabricados, seguidas de las letras F.O, su color y los números que indican el diámetro para el cual está fabricado el preformado, se proyectara el preformado diámetro desde 11,80-12,60 mm ya que este intervalo se encuentra la Fibra Óptica de este diseño.

Figura 45
Herraje Tipo Farol.



Fuente: (ARPATEL, Preformado)

5.3.2.4. *Fibra Óptica ADSS SM.*

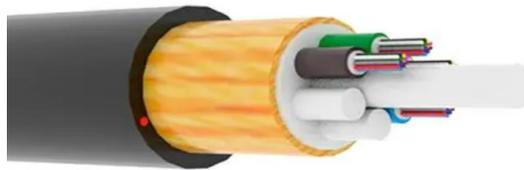
Una vez articulados los elementos descritos anteriormente, se tiene el escenario adecuado para el diseño del medio de transmisión, en este caso se utilizaría Fibra Óptica de 12 hilos, ADSS, monomodo, recomendación ITU-T G.652D, por las recomendaciones ya estudiadas anteriormente.

Por la cantidad de km proyectados (aproximadamente 90 km), hay que tener en cuenta la adquisición de bobinas de 4 o 5km según disponibilidad en el mercado para su posterior instalación, se sugiere el método manual de tendido, para lo cual se deberá contar con personal técnico que tenga la experiencia y capacidad para realizar el tendido del cable, colocación de los accesorios de sujeción y la ejecución de las maniobras de

instalación con las debidas seguridades del caso tanto para el personal como para el cable de fibra óptica.

Es importante considerar factores que pueden afectar el proceso de instalación y que deberán ser identificados antes durante y después de la instalación para evitar inconvenientes técnicos.

Figura 46
Fibra ADSS SM



Fuente: (JASTECH, JASTECH, s.f.)

5.3.2.5. Manga de Fusión.

Es un elemento pasivo y servirá para dar continuidad al enlace de fibra, sus capacidades dependen de las características del enlace y pueden ser de 12 hasta 144 hilos con sistemas de puesta a tierra. Construidas de material resistente a la tensión e impermeable, que permita cierre hermético y con los debidos accesorios para instalación en subsuelo, soportes aéreos y aplicaciones de pedestal.

Debe poseer un sistema organizador de bandejas que permita trabajar sobre la fibra de un buffer sin necesidad de remover las bandejas restantes, además de tarjetas de identificación para cada bandeja y en cada una de estas los respectivos manguitos termocontráctiles para protección de los empalmes de fibra.

El sistema de cierre puede ser de Tipo Lineal o Tipo Domo, esto de acuerdo a la cerradura de la caja, a la entrada y salida de los cables de fibra, para este proyecto se empleará Mangas Tipo Domo 12 hilos.

Figura 47
Manga Tipo Domo 12 Hilos



Fuente: (JASTECH, Manga Tipo Domo)

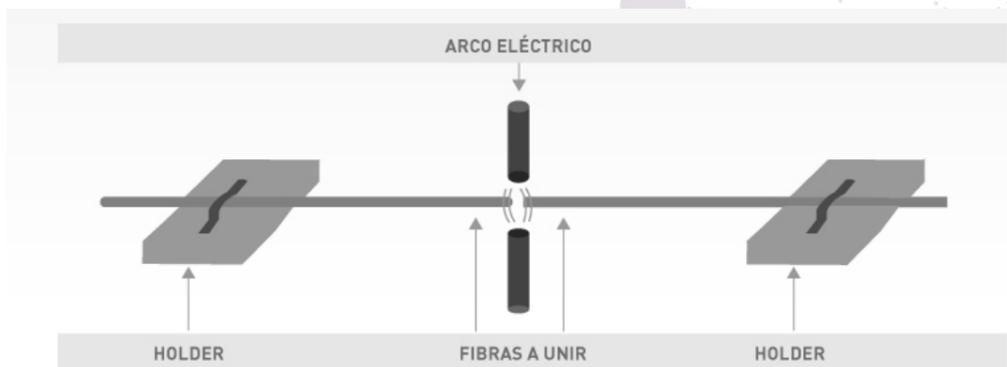
5.3.2.6. Empalme o Fusión.

Los empalmes de fibra óptica nos ayudan a satisfacer las necesidades de las redes en torno a distancias (ampliando la longitud de una bobina de cable), fibras con distintos números de hilos, conexión de equipos (permiten integrar los pigtails a los extremos de los hilos de fibra óptica) o para realizar mantenimientos.

Estos empalmes se realizarán mediante un maquina llamada Fusionadora, la cual funde los revestimientos de dos fibras, mediante la aplicación de una fuente calorífica, producida por dos electrodos que generan un arco eléctrico, cuando se les aplica una fuente de alta tensión, de 4000 a 5000 voltios con corriente controlada.

Se recomienda la fusionadora por alineación por núcleo, este tipo de alineación, puede contar con cuatro o seis motores para alinear directamente el núcleo de la fibra, ofrece mejor calidad y su alineación precisa reduce las pérdidas de señal óptica.

Figura 48
Proceso Empalme o Fusión



Fuente: (FibreMex)

5.3.2.7. Puentes Ópticos o Patchcord.

Se utilizan para la interconexión entre un puerto del ODF hacia los equipos de transmisión instalados en la central o nodo. Las terminaciones del patchcord pueden ser: FC, ST, SC o LC con pulido PC, UPC o APC.

Según la necesidad de nuestro diseño, utilizaremos patchcord de fibra óptica LC/UPC-FC/UPC SM G.652D, el cual contempla características ópticas similares a la fibra óptica proyectada en el enlace, es decir, cumplen el mismo estándar, la distancia del patchcord deberá estar acorde al posicionamiento del equipo de transmisión con respecto al ODF y sus conectores deberán estar protegidos contra suciedad y golpes.

Figura 49
Patchcord de F.O. LC/UPC-FC/UPC SM G.652D



Fuente: (CasadelCable)

5.3.2.8. Presupuesto Óptico.

El presupuesto óptico es de vital importancia para el diseño, se puede realizar cálculos con los parámetros máximos permitidos y determinar la viabilidad respecto a los equipos de transmisión que son sensibles y operan a un rango de potencias establecidas.

Fórmula 2
Presupuesto Óptico.

$$P_t(dBm) - P_r(dBm) = \sum \text{Pérdida (dB)}$$

Fuente: (Vizueté, 2021)

En donde:

- P_t = Potencia de transmisión del transmisor óptico.
- P_r = Potencia de recepción de receptor óptico.

Fórmula 3
Perdidas de enlace.

$$\sum \text{Pérdidas (dB)} = \alpha_L + \alpha_C + \alpha_E$$

Fuente: (Vizuete, 2021)

En donde:

- α_L = Atenuación según la longitud del cable de fibra óptica (dB)
(Longitud del cable (Km) x atenuación por Km (dB/Km), esta es proporcionada por el fabricante de la fibra.)
- α_C = Atenuación debido a los conectores utilizados en el enlace.
- α_E = Atenuación debido al número total de empalmes utilizados en el enlace.

- **Cálculo.**

Se utilizará valores máximos de cada elemento pasivo del enlace, longitud de onda en la ventana óptica 1310 nm y utilizando la Fórmula 2, Fórmula 3 anteriormente descritas.

- Atenuación por Km: 0,4 dB/Km
- Rollos de cable: 4 Km de longitud
- Atenuación en cada empalme: 0,1 dB
- Atenuación en cada conector: 0,5 dB
- Distancia del enlace: 89,69 Km
- $\alpha_L = 89,69 \text{ Km} \times 0,4 \text{ dB/Km} = 35,88 \text{ dB}$
- $\alpha_C = 2 \times 0,4 \text{ dB} = 0,8 \text{ dB}$
- $\alpha_E = (89,69/4) \times 0,2 \text{ dB} = 4,48 \text{ dB}$
- $\Sigma \text{ Pérdidas (dB)} = 35,88 + 0,8 + 4 = 40,68 \text{ dB}$

Según los cálculos realizados tenemos una atenuación máxima de -40,68 dB, para compensar aquello el Transmisor debe oscilar con una potencia de +15 dBm, y con ello se entra en el umbral de operación del equipo Receptor que es de 0 a -27 dBm.

5.3.2.9. Volumen de Obra.

Una vez consolidado todos los elementos de planta externa y su logística, se procede a realizar el volumen de Obra, en el cual se coloca todos los ítems, cantidades y valores referenciales que servirá de guía para la adquisición de materiales y costos para su posterior implementación, en apartado anexos se adjunta para mejor ilustración.

5.3.3. Planta Interna, funcionamiento SDH.

Los equipos OSN 3500 trabajan con la trama STM-16, los cuales basan su funcionamiento en una interfaz bidireccional, es decir de transmisión y recepción entre la fibra óptica y las señales de tributario.

Los equipos SDH soportan subsistemas tributarios de 2, 34 45, 51, 140 y 155, 622 Mbps y 2,5 Gbps dependiendo del tipo de equipos que se utilicen. Los equipos STM – 16 poseen entradas de 2,5 Gbps en la sección de regeneración.

Una de las características que más destaca a los equipos SDH es que están equipados con protección de conmutación automática, en este tipo de protección la señal es transmitida sobre dos vías diferentes y esta puede ser implementada en estructuras lineal o anillo.

Protección de anillos, esta protección es posible gracias a la autoprotección bidireccional de anillo, es decir si sucede una falla en el sistema la señal es regresada en forma de lazo en ambos extremos de la sección de falla.

Monitoreo y señalización de alarmas, los equipos SDH están protegidos por este sistema el cual es controlado por un microprocesador. Los estados de alarma y fallas detectados durante la transmisión son entregados a los equipos de monitoreo.

5.4. Implementación.

En esta fase se implementa del diseño realizado en la etapa anterior, con todas las especificaciones y recomendaciones necesarias, se estima el tiempo y se emplea el contingente necesario para retroceder a un paso anterior en caso de fallas.

5.5. Operación.

En esta etapa es la red se encuentra en marcha, y está en constante monitoreo también, se verifican las actualizaciones de los equipos y su desempeño, se corrigen errores en caso de tenerlos, esta fase es la prueba final de diseño.

5.6. Optimización

En esta fase se establece una administración en la cual se pueda identificar y resolver posibles afectaciones y garantizar la funcionalidad de la red, así mismo de la red ya en operación se puede buscar alternativas para su mejor desenvolvimiento, por ejemplo, en una red de transporte SDH, cuando está ya cumpla su capacidad, se puede migrar a una red DWDM con mejores presentaciones en lo que tiene que ver con Ancho de Banda y capacidad de transporte.

6. Resultados

Luego del planteamiento del tema de estudio “Diseño de un enlace backup de fibra óptica, para la Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT EP, cantón Chinchipe, provincia Zamora Chinchipe.”, a continuación, se presenta los resultados de cada interrogante (Objetivos) planteados al inicio de nuestra investigación:

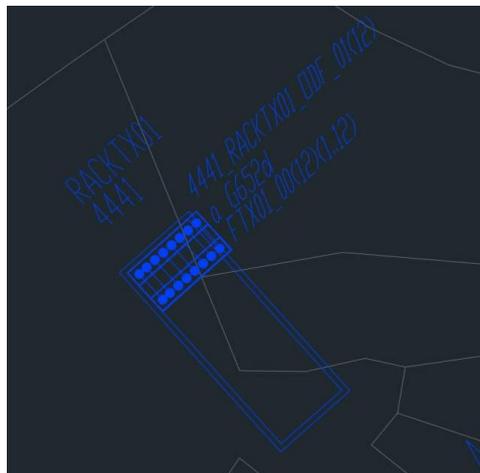
6.1. Diseñar un enlace backup a través de fibra óptica, para la CNT EP, Cantón Chinchipe, provincia Zamora Chinchipe.

Se cumplió con el objetivo principal realizando el plano correspondiente a través de un software de diseño asistido por ordenador (CAD), en el cual se plasmó los elementos pasivos de la red indicados anteriormente, el mismo debe estar en escala 1:1, detalle importante para colocar distancias y medidas reales, la capa azul en el diseño representa lo proyectado (Enlace Backup) y la capa verde es lo existente (Enlace Principal). Entre la ilustraciones realizadas tenemos:

6.1.1. *Diseño ODF.*

Se proyecta un ODF en cada central, el mismo será colocado en un rack de piso de 19", 44 U (2.2 M).

Figura 50
Diseño ODF, rack de Piso



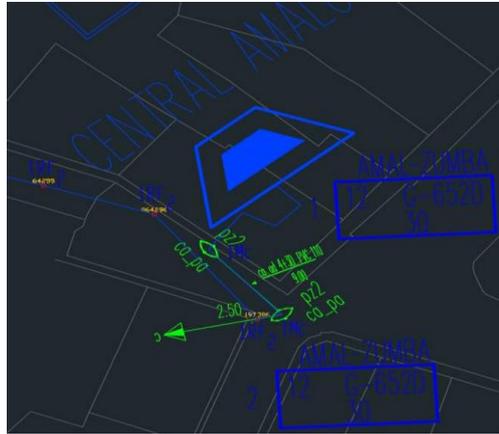
Fuente: El Autor

6.1.2. *Diseño de Pozo, subida a poste.*

El Diseño consta de 4 pozos, distribuidos 2 en la central amaluza 2 en la central Zumba y su correspondiente subida a poste, los cuales son el medio para conectar la central (Planta Interna) con la red a implementarse (Planta Externa), se utiliza la nomenclatura en forma de ovalo y siglas pzxxxx para pozo y el gráfico de flecha con

relleno en su mitad para subida a poste de 2.5 metros de altura, en nuestro diseño los elementos mencionados son existentes.

Figura 51
Pozo pz y subida a poste



Fuente: El Autor

6.1.3. Diseño de Postes y retenida.

Se proyectó 1247 postes de hormigón de 12 metros, en algunos casos con su respectiva retenida simple o doble, la ubicación de cada poste depende de las coordenadas obtenidas en campo, su nomenclatura es un círculo para el poste acompañado de las siglas PPXXXX y de listones sin relleno para indicar la existencia de retenida.

Figura 52
Poste y retenida.



Fuente: El Autor

6.1.4. Diseño Cable de F.O 12H G.652.D

Se diseñó 89.690 kilómetros de cable de Fibra Óptica 12 hilos monomodo G.652.D, representada por una línea que interconecta cada uno de los postes proyectados.

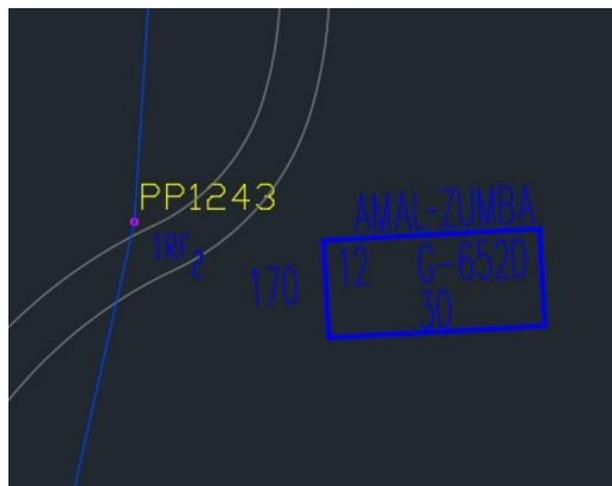
Figura 53
Fibra Óptica.



Fuente: El Autor

De la misma forma cada 500 metros se debe dejar reserva de 30 metros de cable, se gráfica de la siguiente manera colocando el origen-destino, cantidad de Hilos y especificación técnica del cable, lo que indica la existencia de una reserva.

Figura 54
Reserva de Cable



Fuente: El Autor

6.1.5. Diseño de Manga o Backbone.

Se proyectó 20 mangas, las mismas que serán utilizadas al término de la longitud de la bobina del cable para dar continuidad al recorrido o en lugares que podría utilizarse a futuro para una derivación, en cada una de ellas se deja una reserva de 15 metros a la entrada y 15 metros a salida del poste, total 30 metros. En la Figura 56 se muestra su nomenclatura en el diseño.

Figura 55
Manga Projectada.



Fuente: El Autor

6.2. Indicar la cantidad de usuarios del cantón Chinchipe y cantones adyacentes que se benefician de los servicios de telecomunicaciones que brinda la empresa estatal.

Según los datos proporcionados por los sistemas transaccionales de la estatal de Telecomunicaciones, actualmente el cantón Chinchipe cuenta con 717 servicios, el cantón Palanda 259 y su parroquia Valladolid con 114, dando un total de 1090 servicios que actualmente son proporcionados por el enlace principal, en la Tabla 9, se observa a detalle.

Tabla 9
Clientes CNT EP Chinchipe, Palanda, Valladolid.

Servicios	Localidad			Total
	Palanda	Valladolid	Zumba	
Interurbano	1	1	5	7
Tfnía comercial gpon migración			7	7
Andinatel	1	2	4	7
Discapacitados	3		10	13
Sdsl c. gold	5	1	6	12
Adsl corporativo	6	3	8	17
Comercial	5	1	11	17
Telefonía hogar CNT	8	7	8	23
Virtual			45	45
Plan Social Popular	1	1	87	89
Tfnía. resid. hogar básico gpon			100	100
Telefonía on demand	12	14	79	105
Residencial	72	20	83	175
Internet residencial gpon			214	214
Internet básico	145	65	49	259
Total General	259	114	717	1090

Fuente: (CNT, Aplicativo Hyperion, 2023)

6.3. Analizar el escenario actual del enlace backup que protege los servicios de telecomunicaciones en el cantón Chinchipe.

El enlace backup existente es por medio de un Radio Enlace Microonda (Colambo-Saguinuma-Añañan-Romerillos-Zumba). El cual tan solo respalda un 25% del tráfico de la Red, es decir aproximadamente 250 Mbps, cuando entra en operación se tiene saturación de los servicios por el poco tráfico que permiten transmitir debido a sus características, así mismo su mantenimiento tiene un grado de complejidad ya que se requiere trabajo en alturas y su rendimiento está altamente comprometido por las condiciones climáticas de la Zona, que juega un factor determinante en la calidad de los servicios.

Figura 56
Diagrama Enlace Backup



Fuente: (CNT, Aplicativo SPIA, 2023)

La problemática presentada en la localidad de Chinchipe y sus alrededores donde se determina que, al tener una sola ruta principal por fibra óptica y backup por un enlace microondas, como consecuencia se tiene un impacto negativo en lo que respecta a la disponibilidad de los servicios en caso de presentarse un evento fortuito como un corte de fibra óptica en su ruta principal, en vista que su enlace backup no presta las condiciones de escalabilidad, afectando los servicios de los usuarios de la empresa Pública.

6.4. Elaborar el presupuesto referencial para la construcción del enlace Backup a través de Fibra Óptica.

En el Anexo 4, se presenta el volumen de obra, en el cual se encuentra a detalle los materiales, cantidades, rubros, en definitiva, el presupuesto para la implementación, cabe indicar que los costos referenciales son entregados por parte de la institución, la inversión del proyecto es de Ochocientos ochenta y seis mil cuatrocientos doce con 24/100 dólares americanos (886.412,24 USD).

7. Discusión

Existe gran contenido de proyectos similares que tienen como estudio la ampliación de red, rutas de respaldo (backup), por ejemplo el trabajo denominado ***“Sistema de Comunicación por fibra óptica y enlace inalámbrico para la Corporación Nacional de Electricidad CNEL Regional Santo Domingo elaborado por Lourdes Proaño”*** en donde explica la importancia de tener rutas de respaldo en este caso con distinto medio de transmisión, a diferencia de nuestro tema propuesto en el que se enfatiza el uso de la misma tecnología por una ruta distinta como es la fibra óptica, ya que es el medio de transmisión más eficiente en la actualidad, garantiza la estabilidad de los servicios, como consecuencia la confiabilidad y credibilidad de la empresa hacia los clientes crecerá notablemente. De la misma forma la gama de servicios se puede ampliar y beneficiará directamente a más familias de otras localidades aledañas o que se encuentren en la ruta de F.O. del nuevo enlace backup.

De la misma manera tenemos proyectos en los cuales el diseño de la planta externa no se profundiza, es el caso del proyecto ***“Diseño de una Red SDH para dar Servicios de 2 STM-1 y dotar a un Call Center con 2 E1’s, utilizando una Red MetroEthernet con Tecnología TDMoIP elaborado por Ma. Eugenia Carrasco, Alexandra Romero, Héctor Fiallos”*** donde estudia la red de transporte a nivel de SDH, IP, etc. es decir su planta interna, que claramente es importante en vista que forma parte de la operación de los sistemas de telecomunicaciones, pero cabe puntualizar que previamente se debe diseñar e implementar su parte física, el medio de transmisión, por ello la planta externa juega un papel fundamental y de vital importancia para el desarrollo de un proyecto, su diseño requiere un grado de complejidad y experticia en este caso en redes de telecomunicaciones.

La comparativa y comentarios descritos en los párrafos anteriores, motivó al planteamiento de este diseño, que luego de su posterior implementación de ser el caso, optimizará la red actual, es decir el tráfico no dependerá de una sola ruta sino tendrá un camino distinto, ya que solo el 25% del tráfico es respaldado por el enlace backup (inalámbrico) y el 75% restante no, teniendo como referencia que el tráfico actual del enlace principal es alrededor de 1Gbps y beneficia 1090 servicios que actualmente tiene la empresa pública de Telecomunicaciones.

Analizando este último apartado, podemos evidenciar que, si mejoramos la infraestructura de nuestro enlace backup a través de la tecnología que usa el enlace principal, podemos aprovechar al máximo todo el tráfico y aplicaciones de la red, ya que se tiene 2 rutas de TX que pueden inyectar el tráfico necesario dependiendo del crecimiento de la red. Como profesionales en el campo de las telecomunicaciones estamos en la obligación de aportar a la sociedad con proyectos que ayuden a cerrar la brecha digital de nuestro país, de zonas fronterizas y de poca atención como en este caso es la Amazonía, específicamente en la Provincia de Zamora Chinchipe, cantón Chinchipe.

Con este proyecto se pretende explicar y dar a conocer la viabilidad del mismo, ya que reúne las condiciones necesarias de acuerdo al levantamiento de información plasmado en su diseño, y su ejecución en lo económico de acuerdo al volumen de Obra realizado, así mismo aporta a las nuevas generaciones con contenido importante sobre medios transmisión, elementos pasivos de una red e incentiva el desarrollo de las tecnologías de nueva generación y su implementación a lo largo y ancho del territorio ecuatoriano.

8. Conclusiones

El enlace Principal de la ruta Vilcabamba-Yangana-Añañan-Valladolid-Palanda-Zumba-Romerillos) por la geografía donde se encuentra construida, está expuesta a eventos provocados por la geografía propia de la Amazonía.

La fibra óptica brinda ventajas inigualables a cualquier otro medio hoy por hoy, entre su principales ventajas están, mayor ancho de banda, inmunidad al ruido, seguridad y menor atenuación de la señal que se transmite.

El volumen de obra se lo realizó luego de las visitas en campo y diseño del plano técnico levantado, ahí se encuentran las cantidades, materiales y su presupuesto para su posterior implementación de ser necesario.

El presente proyecto está dirigido principalmente al diseño de su planta externa, es decir un enlace backup a través de F.O., el estudio de planta interna corresponde a la integración de la red de acceso de la empresa, la cual no se ha diseñado, pero se presenta una breve introducción en la red de transporte a utilizar, SDH.

La implementación de los enlaces de fibra óptica en las provincias de Zamora Chinchipe y Loja permitirá a CNT EP cumplir con sus planes de expansión y protección de Rutas de Transmisión, mismo que representará una optimización en la red para la fidelización de los clientes.

Podemos indicar que la propuesta de investigación es factible, debido a que cumple las expectativas en torno al giro del negocio de la empresa estatal, su presupuesto referencial, disponibilidad de materiales en el mercado, infraestructura técnica y demás, hacen del mismo ser aplicable en tiempo y espacio.

9. Recomendaciones

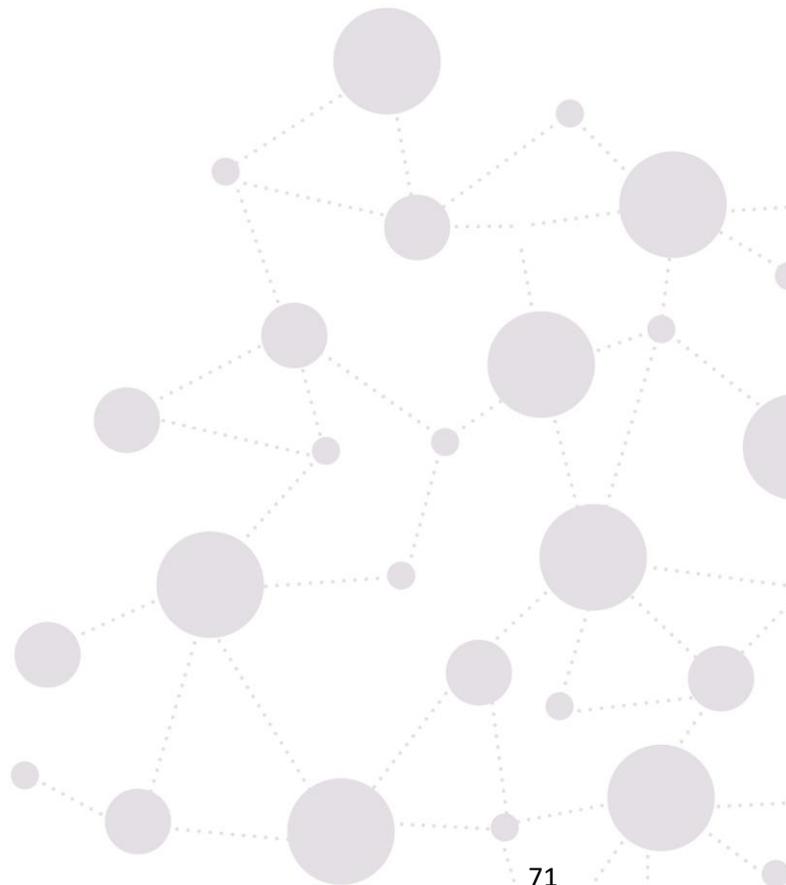
Realizar un estudio de la red actual tanto en su enlace principal y de respaldo, con ello se tendrá una visión clara de lo que se desea optimizar.

El tipo de fibra óptica escogida debe estar acorde al equipamiento de Planta Interna de la empresa y servirá para realizar los cálculos y presupuesto óptico correspondiente.

Implementar el “Diseño de un enlace backup de fibra óptica, para la Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT EP, cantón Chinchipe, provincia Zamora Chinchipe.” con la finalidad de viabilizar la atención de la demanda identificada y/u optimizar la infraestructura actualmente existente.

Realizar pruebas reflectométricas con un OTDR, con ello obtener a precisión los cálculos finales y detectar cualquier fallo de conexión o atenuación.

Si el presente proyecto no es implementado en un tiempo prudencial, necesariamente se debe realizar una nueva visita en campo y un replanteo, en vista que las condiciones podrían tener variación.



10. Bibliografía

- Alvarez, W. O. (2004). Fundamentos teóricos de las tecnologías de transporte PDH (Jerarquía Digital Plesiocrona) y SDH (Jerarquía Digital Síncrona). Cuenca.
- Apuntes de Networking. (01 de junio de 2012). Recuperado el 31 de 07 de 2023, de Apuntes de Networking: <http://apuntesdenetworking.blogspot.com/2012/01/la-fibra-optica-monomodo-y-multimodo.html>
- ARPATEL. (s.f.). Herraje Tipo A. Recuperado el 31 de 07 de 2023, de <https://www.arpatel.com.ec/producto/herraje-tipo-a1-economico/>
- ARPATEL. (s.f.). Herraje Tipo B. Recuperado el 31 de 07 de 2023, de <https://www.arpatel.com.ec/producto/herraje-tipo-b-no-homologado/>
- ARPATEL. (s.f.). Preformado. Recuperado el 31 de 07 de 2023, de <https://www.arpatel.com.ec/producto/preformado-adss-12-80mm-14-10mm/>
- Basilio Zambrano, J. B. (21 de 07 de 2011). "DISEÑO DE UNA RED SDH PARA DAR SERVICIOS DE 2 STM-1 Y DOTAR A UN CALL CENTER CON 8 E1 UTILIZANDO UNA RED METRO ETHERNET CON TECNOLOGÍA TDMoIP". Guayaquil.
- Cabezas, E. S. (07 de 2013). Análisis de la Red de Datos Ministerio de Relaciones Laborales (Edificio Torrezul - Administrativo). Quito, Pichincha, Ecuador.
- Carrasco Romero Fiallos, M. E. (s.f.). Diseño de una Red SDH para dar Servicios de 2 STM-1 y dotar a un Call Center con 2 E1's, utilizando una Red MetroEthernet con Tecnología TDMoIP. Guayaquil, Ecuador.
- CasadelCable. (s.f.). PatchCord de F.O. Recuperado el 31 de 07 de 2023, de <https://www.casadelcable.com/product/patch-cord-de-fibra-optica-lc-upc-fc-upc-sm-g-652-duplex-2mt-atop/>
- CNT. (2012). GERENCIA DE INGENIERÍA / ACCESO FIJO NORMATIVA DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE REDES DE TELECOMUNICACIONES CON FIBRA ÓPTICA.
- CNT. (2023). Aplicativo Hyperion.
- CNT. (2023). Aplicativo SPIA.
- CNT. (2023). Email Institucional.
- ELTECON. (s.f.). *Cable de fibra óptica DROP 2 HILOS*. Recuperado el 19 de junio de 2023, de <https://eltecon.com.ec/producto/cable-de-fibra-optica-drop-2-hilos/>
- ELTELCON. (s.f.). *Cable de fibra óptica CANALIZADA-ARMADA*. Recuperado el 19 de junio de 2023, de <https://eltecon.com.ec/producto/cable-de-fibra-optica-canalizada-armada/>
- Equipo editorial, E. (2021). *Espectro Visible*. Recuperado el 09 de junio de 2023, de Concepto de: <https://concepto.de/espectro-visible/>

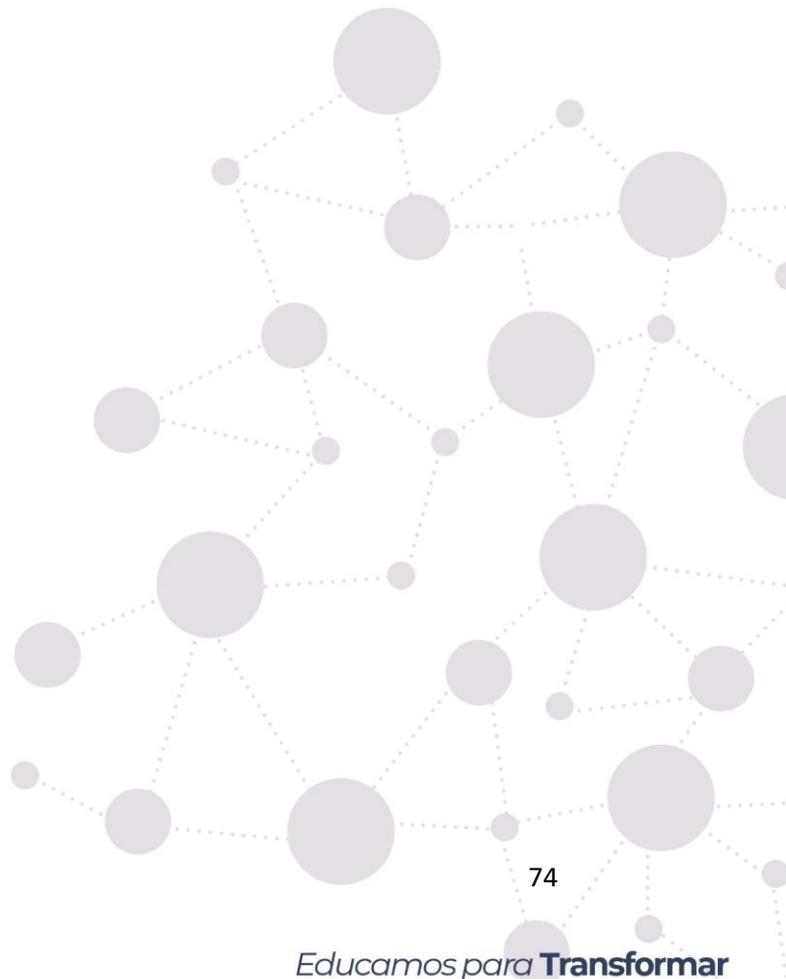
- Equipo editorial, E. (2022). *Telecomunicaciones*. Recuperado el 09 de junio de 2023, de Concepto de: <https://concepto.de/telecomunicaciones/>
- FIBRAMÉRICA. (29 de Junio de 2022). *FIBRAMÉRICA*. Recuperado el 18 de Junio de 2023, de <https://fibramerica.com/2022/06/29/fibra-optica-cables-y-su-uso/>
- FibreMex. (s.f.). Fusionadora Fibra Óptica. Recuperado el 31 de 07 de 2023, de <https://fibremex.com/fibra-optica/views/Blog/detalle.php?id=86&nom=que-es-una-fusionadora-de-fibra-optica#:~:text=Este%20proceso%2C%20conocido%20como%20fusi%C3%B3n,5000%20voltios%20con%20corriente%20controlada.>
- JASTECH. (s.f.). *JASTECH*. Recuperado el 19 de 06 de 2023, de <https://www.jastech.com.ec/producto/cable-figura-8-autosoportado/>
- JASTECH. (s.f.). Manga Tipo Domo. Recuperado el 31 de 07 de 2023, de <https://www.jastech.com.ec/producto/manga-tipo-domo-24-a-48-hilos/>
- MACREPRESENTACIONES. (s.f.). Herraje Tipo Farol. Recuperado el 31 de 07 de 2023, de <https://macrepresentaciones.com/producto/brazo-tipo-farol-de-uso-multiple/>
- MINTEL. (s.f.). *¿Sabe para qué sirve la fibra óptica?* Recuperado el 15 de junio de 2023, de <https://www.telecomunicaciones.gob.ec/sabe-para-que-sirve-la-fibra-optica/>
- Moreano, R. B. (01 de 02 de 2014). Red de fibra óptica con Tecnología Gpon para el mejoramiento de los servicios de telecomunicaciones de la empresa PUNTONET s.a en la ciudad de Ambato. Ambato, Ecuador.
- Proano, L. A. (mayo de 2009). Sistema de Comunicación por fibra óptica y enlace inalámbrico para la Corporación Nacional de Electricidad CNEL Regional Santo Domingo. Ambato, Tungurahua, Ecuador.
- PROMAX. (26 de septiembre de 2019). *Promax.es*. Recuperado el 23 de junio de 2023, de <https://www.promax.es/esp/noticias/578/tipos-de-conectores-de-fibra-optica-guia-sencilla/>
- Rodríguez, Y. (2009). *Fibra Óptica*. Argentina: El Cid Editor.
- Telecomunicación, I. e. (2013). *TIPOS DE FIBRA OPTICA MONOMODO Y MULTIMODO*. Recuperado el 19 de 06 de 2023, de <http://univtelecomunicaciones.blogspot.com/2016/10/tipos-de-fibra-optica-monomodo-y.html>
- The Fiber Optic Association, I. [. (01 de 01 de 2021). *Fibra Óptica*. Obtenido de Fibra Óptica: <http://www.thefoa.org/>
- Tomasi, W. (2003). *Sistema de Comunicaciones Electrónicas*. Recuperado el 19 de 06 de 2023
- Universo, E. (s.f.). *¿Qué es y cómo funciona el cable submarino del Pacífico Sur en Ecuador?* Recuperado el 20 de 06 de 2023, de



<https://www.eluniverso.com/noticias/economia/que-es-y-como-functiona-el-cable-submarino-del-pacifico-sur-en-ecuador-nota/>

Vizuete, J. (2021). Diseño de un Enlace con Multiplicidad de Ruta por medio de Fibra Óptica a través de Transmisión SDH en el Cantón Naranjito y la ciudad de Guayaquil. Ecuador.

Worton. (06 de julio de 2021). *¿Cuál es la diferencia entre fibra monomodo y multimodo?* Recuperado el 19 de 06 de 2023, de <https://community.fs.com/es/blog/single-mode-vs-multimode-fiber-whats-the-difference.html>





11. Anexos

Anexo 1. Informe Pertinencia Trabajo de Titulación.



UNIVERSIDAD
NACIONAL DE LOJA

POSGRADO

MAESTRÍA EN
TELECOMUNICACIONES

MEMORÁNDUM Nro. UNL-FEIRNNR-CCR-2023-0007

Loja, 17 de abril de 2023

Ing. Diego Vinicio Orellana Villavicencio Mg.Sc

DIRECTOR DEL PROGRAMA DE MAESTRÍA EN TELECOMUNICACIONES

Ciudad. -

De mi consideración:

En atención al Memorando Nro.: 023-2023-DESIG-PERTINENCIA- MTEL-FEIRNNR-UNL, en el que se solicita un informe sobre la estructura, coherencia y pertinencia del proyecto de investigación denominado: **"DISEÑO DE UN ENLACE BACKUP DE FIBRA ÓPTICA, PARA LA CORPORACIÓN NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES CNT EP, CANTÓN CHINCHIPE, PROVINCIA ZAMORA CHINCHIPE."**, presentado por el Ing. Jean Carlos Jumbo Carrión, estudiante de la Maestría en Telecomunicaciones, me permito informar lo siguiente:

1. Considero que la investigación que debe realizarse si requiere conocimientos y análisis a nivel de Posgrado.
2. El tema sugerido es de interés para la FEIRNNR de la Universidad Nacional de Loja.
3. Luego de revisar la estructura y coherencia del proyecto de tesis, se recomienda la aprobación.

Particular que comunico para los fines pertinentes de ley.

Atentamente.

Christian
Campoverde
de Ramírez

Firmado digitalmente
por Christian
Campoverde Ramirez
Fecha: 2023.04.17
19:05:02 -05'00'

Ing. Christian Campoverde Ramírez, Mg Sc.

DOCENTE DE LA MAESTRÍA EN TELECOMUNICACIONES

Ciudad Universitaria "Guillermo Falconi Espinoza" Casilla letra S
Teléfono 2 545 – 628 Ext. 129
christian.campoverde@unl.edu.ec
www.telecomunicaciones.edu.ec



Anexo 2. Designación Director Trabajo de Titulación.



Memorando Nro.: 020-2023-DESIG-DIRECTOR/A-MTEL- FEIRNNR -UNL
Loja, 18 de abril de 2023

PARA: Ing.
Christian Hernán Campoverde Ramírez, Mg.Sc.
DOCENTE DE LA CARRERA DE INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIONES

ASUNTO: Designación de Dirección de Trabajo de Titulación

De mi consideración:

En atención a la solicitud de fecha 18 de abril de 2023, del profesional **Jean Carlos Jumbo Carrión**, estudiante de segundo ciclo, paralelo "A" de la **Maestría en Telecomunicaciones**; con base a las atribuciones establecidas en el Art. 50 del Estatuto Orgánico de la UNL; y, en la parte pertinente de los Arts. 225 y 228 del Reglamento de Régimen Académico de la UNL, me permito designar a usted **DIRECTOR** del trabajo de titulación denominado: "**DISEÑO DE UN ENLACE BACKUP DE FIBRA ÓPTICA, PARA LA CORPORACIÓN NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES CNT EP, CANTÓN CHINCHIPE, PROVINCIA ZAMORA CHINCHIPE**", y a la vez autorizo su ejecución.

El docente designado deberá observar la parte pertinente del Art. 228 del RRA-UNL que textualmente señala: "*El director del trabajo de integración curricular o de titulación será responsable de asesorar y monitorear con pertinencia y rigurosidad científico-técnica la ejecución del proyecto y de revisar oportunamente los informes de avance, los cuales serán devueltos al aspirante con las observaciones, sugerencias y recomendaciones necesarias para asegurar la calidad de la investigación. Cuando sea necesario, visitará y monitoreará el escenario donde se desarrolle el trabajo de integración curricular o de titulación*".

Considérese que para la presentación del informe del trabajo de titulación se observe lo establecido en el Art. 229 del Reglamento de Régimen Académico de la Universidad Nacional de Loja, y la "Guía para la Escritura y Presentación del Informe de Trabajo de Titulación".

Particular que pongo en su conocimiento para los fines legales pertinentes.

Atentamente,



FRANCO ANEXO-DESIGNACIÓN DPT
DIEGO VINICIO
ORELLANA
VILLAVICENCIO

Ing. Diego Vinicio Orellana Villavicencio, Mg.Sc.
DIRECTOR DE LA MAESTRÍA EN TELECOMUNICACIONES

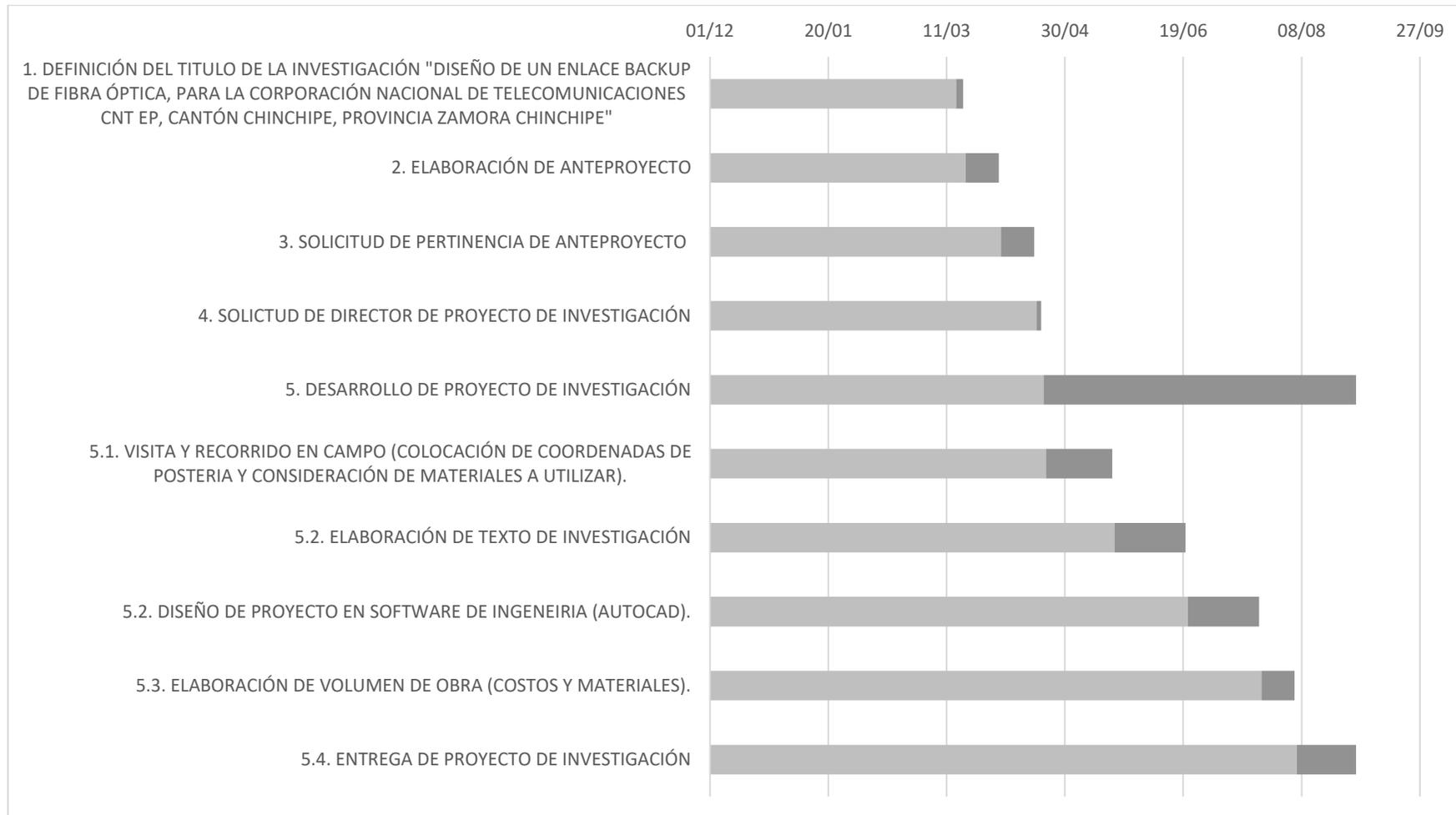
DVOV/RNMP
c.c. Maestrante
Archivo del programa
Expediente estudiantil

Anexo 3. Volumen de Obra, Presupuesto.

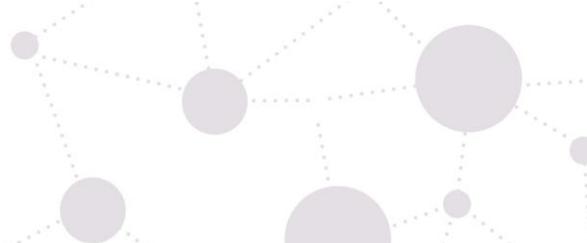
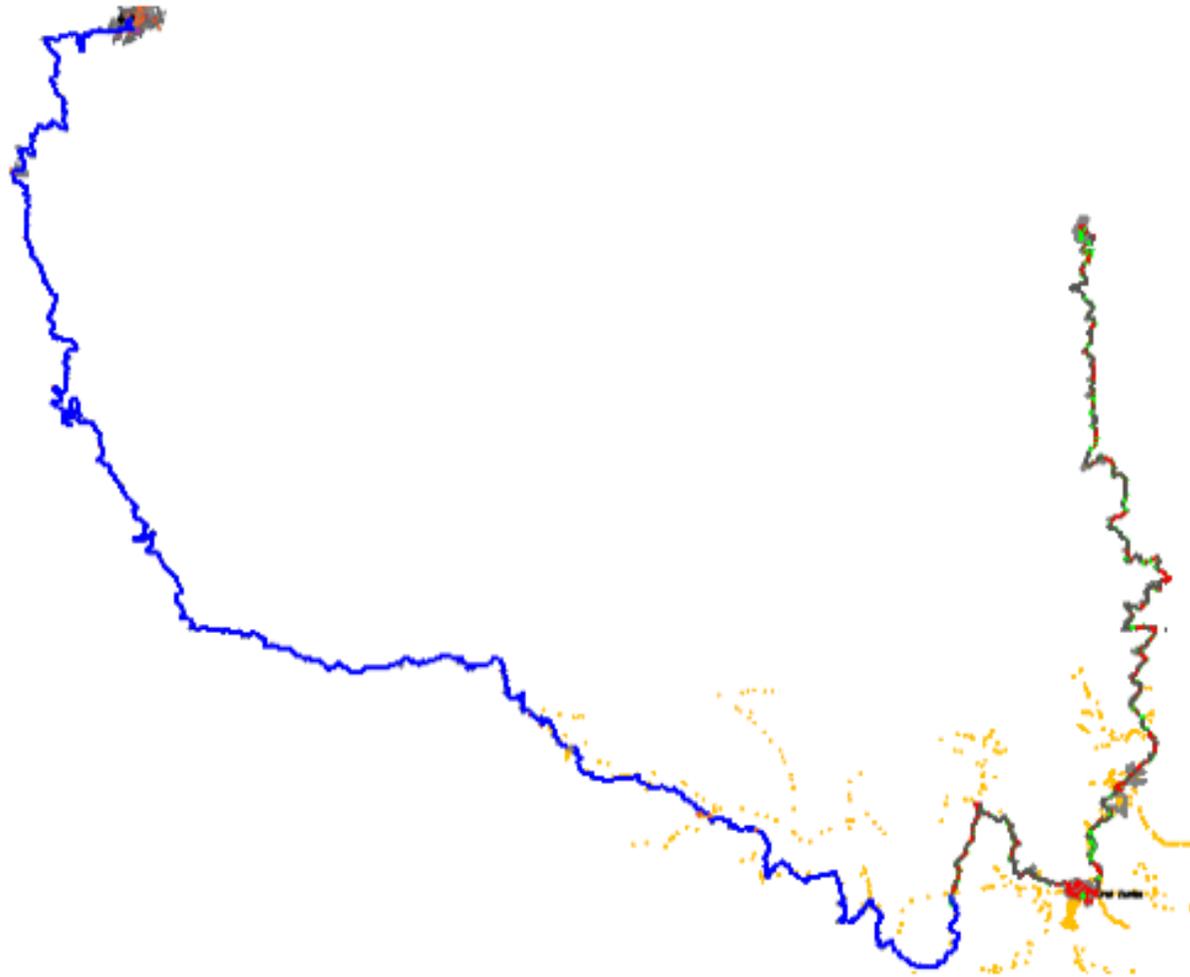
VOLUMENES DE OBRA RED DISTRIBUCION					
ITEM	UNIDAD DE PLANTA	U	ENLACE FIBRA OPTICA AMALUZA-ZUMBA	PRECIO	
			FT01-AMAL-ZUMBA	COSTO DIRECTO+IND IRECTO	TOTAL
556002	CATASTROS	u	30,00	\$ 3,38	\$ 101,40
575003	SUMINISTRO E INSTALACIÓN POSTE DE HORMIGÓN 12 m CON GRUA, PINTADO Y NUMERADO	u	1247,00	\$ 334,96	\$ 417.695,12
577001	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE RETENIDA DOBLE A TIERRA EN POSTES DE (10 m o 12 m)	u	282,00	\$ 123,98	\$ 34.962,36
577002	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE RETENIDA A TIERRA EN POSTES DE (10 m o 12 m)	u	1824,00	\$ 66,58	\$ 121.441,92
577003	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE RETENIDA FAROL	u	282,00	\$ 116,22	\$ 32.774,04
5D9010	TRANSPORTE DE POSTE DE HORMIGÓN DE 10 Y 12 m, CON PLATAFORMA MAYOR A 200 km	flete 5-15 postes	83,00	\$ 519,71	\$ 43.135,93
542240	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE HERRAJE DE POZO PORTA RESERVAS 5 CANALES DE FO	u	1,00	\$ 20,50	\$ 20,50
580001	COLOCACIÓN Y SUMINISTRO DE THIMBLE CLEVIS	U	2756,00	\$ 7,16	\$ 19.732,96
580112	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE MANGUERA CORRUGADA 3/4" (INCLUYE ABRAZADERA EMT)	m	20,00	\$ 2,03	\$ 40,60
580204	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE IDENTIFICADOR ACRILICO AEREO 12.50 cm X 6 cm	u	1378,00	\$ 6,92	\$ 9.535,76
580205	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE IDENTIFICADOR ACRILICO CAÑALIZADO O DE INTERIORES 8 cm X 4 cm	u	4,00	\$ 4,91	\$ 19,64
580209	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE SUBIDA A POSTE PARA FIBRA ÓPTICA CON TUBO EMT DE 5 m DE 2"	u	2,00	\$ 54,12	\$ 108,24
581017	PRUEBA BIDIRECCIONAL DE TRANSMISIÓN FIBRA ÓPTICA (POR HILO. POR FIBRA. EN 2 VENTANAS) + TRAZA REFLECTOMÉTRICA	hilo	12,00	\$ 6,55	\$ 78,60
581025	ACTUALIZACIÓN DE PLANOS DE DISEÑO A PLANOS ASBUILT GEO REFERENCIADOS DE ACUERDO A LA NORMA DE DIBUJO DE PLANTA EXTERNA DE LA CNT E.P.	m ²	20,00	\$ 62,19	\$ 1.243,80
584006	PREPARACIÓN DE PUNTA DE CABLE DE FIBRA ÓPTICA Y SUJECCIÓN DE CABLES DE 6 - 96 HILOS	u	22,00	\$ 6,70	\$ 147,40
584009	FUSIÓN DE 1 HILO DE FIBRA ÓPTICA	u	264,00	\$ 5,63	\$ 1.486,32
587005	PREFORMADO HELICOIDAL PARA VANO HASTA DE 200m PARA FIBRA ADSS 11,80-12,60mm	u	2756,00	\$ 7,85	\$ 21.634,60
589100	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE HERRAJE DE RETENCIÓN PARA FIBRA ADSS 1 EXTENSIÓN (VANO HASTA 200m)	u	2,00	\$ 8,90	\$ 17,80
589105	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE HERRAJE DE RETENCIÓN PARA FIBRA ADSS 2 EXTENSIONES (VANO HASTA 200m)	u	2754,00	\$ 9,87	\$ 27.181,98
589122	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE HERRAJE TIPO FAROL DE 1m. CON HERRAJE DE RETENCIÓN PARA FIBRA ADSS 2 EXTENSIONES	u	200,00	\$ 38,09	\$ 7.618,00
591088	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE MANGA AÉREA PARA FUSIÓN DE 12 FO, TIPO DOMO (APERTURA Y CIERRE)	u	20,00	\$ 67,40	\$ 1.348,00
599063	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE ODF DE 12 PUERTOS (INCLUYE PIG TAILS FC/UPC G.652D)	u	1,00	\$ 167,95	\$ 167,95
5A6146	SUMINISTRO Y TENDIDO DE CABLE AÉREO ADSS DE FIBRA ÓPTICA MONOMODO DE 12 HILOS G.652.D VANO 120 m	m	89690,00	\$ 1,59	\$ 142.607,10
5B7005	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE RACK DE PISO ABIERTO 2.2M X 19" DE 44 UNID.	u	2,00	\$ 201,81	\$ 403,62
5DB005	TRANSPORTE DE BOBINA DE CABLE FO O COBRE MAYOR A 200 km	bobina	20,00	\$ 145,43	\$ 2.908,60
MONTOS PARCIALES KM DISTRIBUCION				TOTAL	\$ 886.412,24

89,69

Anexo 4. Cronograma.



Anexo 5. Esquemático, Ruta Diseño.





Anexo 6. Certificación Traducción Resumen.

Loja, 31 de julio 2023

CERTIFICADO DE TRADUCCIÓN

Licenciado.

Luis Eduardo Malla Medina

LICENCIADO EN CIENCIAS DE LA EDUCACION MENCION IDIOMA INGLES

CERTIFICO:

Haber realizado la traducción de español a inglés del resumen de la tesis titulada “ **Diseño de un enlace backup de fibra óptica, para la Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT EP, cantón Chinchipe, provincia Zamora Chinchipe**” de autoría de **JEAN CARLOS JUMBO CARRIÓN** con cédula de identidad 1900394261, egresado de la facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables de la Universidad Nacional de Loja, trabajo que se encuentra bajo la dirección del Ing. Christian Hernán Campoverde Ramírez, Mg. Sc. previo a la obtención del título de Magister en Telecomunicaciones.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad, facultando al interesado en hacer uso del presente en lo que creyera conveniente.

Atentamente,



Luis Eduardo Malla Medina

LICENCIADO EN CIENCIAS DE LA EDUCACION MENCION IDIOMA INGLES

Registro Senecyt: 1008-15-1421369