



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica

**DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN DEL ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE FIBRA  
ÓPTICA EN UNA RED DE TRANSPORTE MULTISERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES**

**Mario René Vásquez Medrano**

Asesorado por M. A. Ing. Manuel Reyes Valdés

Guatemala, enero de 2024

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN DEL ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE FIBRA  
ÓPTICA EN UNA RED DE TRANSPORTE MULTISERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**MARIO RENÉ VÁSQUEZ MEDRANO**

ASESORADO POR M. A. ING. MANUEL REYES VALDÉS

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO EN ELECTRÓNICA**

GUATEMALA, ENERO DE 2024

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. José Francisco Gómez Rivera (a.i.)
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton De León Bran
VOCAL IV	Ing. Kevin Vladimir Cruz Lorente
VOCAL V	Ing. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Marvin Marino Hernández Fernández
EXAMINADORA	Inga. María Magdalena Puente Romero
EXAMINADORA	Inga. Ingrid Salomé Rodríguez de Loukota
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN DEL ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE FIBRA  
ÓPTICA EN UNA RED DE TRANSPORTE MULTISERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Estudios de Posgrado con fecha 21 de octubre 2023.

A handwritten signature in black ink, consisting of several overlapping, fluid strokes that form a stylized representation of the name Mario René Vásquez Medrano.

**Mario René Vásquez Medrano**



EEPFI-PP-1791-2023

Guatemala, 21 de octubre de 2023

**Director**  
**Armando Alonso Rivera Carrillo**  
**Escuela De Ingenieria Mecanica Electrica**  
**Presente.**

**Estimado Mtro. Rivera**

Reciba un cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería.

El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado y aprobado el Diseño de Investigación titulado: **DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN DEL ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE FIBRA ÓPTICA EN UNA RED DE TRANSPORTE MULTISERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES**, el cual se enmarca en la línea de investigación: **Telecomunicaciones - Telecomunicaciones**, presentado por el estudiante **Mario René Vásquez Medrano** carné número **200815158**, quien optó por la modalidad del "PROCESO DE GRADUACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA OPCIÓN ESTUDIOS DE POSTGRADO". Previo a culminar sus estudios en la Maestría en Artes en Ingeniería Para La Industria Con Especialidad En Telecomunicaciones.

Y habiendo cumplido y aprobado con los requisitos establecidos en el normativo de este Proceso de Graduación en el Punto 6.2, aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería en el Punto Décimo, Inciso 10.2 del Acta 28-2011 de fecha 19 de septiembre de 2011, firmo y sello la presente para el trámite correspondiente de graduación de Pregrado.

Atentamente,

*"Id y Enseñad a Todos"*

Mtro. Manuel Reyes Valdés  
Asesor(a)

Mtro. Mario Renato Escobedo Martinez  
Coordinador(a) de Maestría



**Ingeniero**  
**Manuel Reyes Valdés**  
**Colegiado 2446**

Mtra. Aurelia Anabela Cordova Estrada  
Directora  
Escuela de Estudios de Postgrado  
Facultad de Ingeniería



Oficina Virtual





EEP-EIME-1607-2023

El Director de la Escuela De Ingenieria Mecanica Electrica de la Facultad de Ingenieria de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el visto bueno del Coordinador y Director de la Escuela de Estudios de Postgrado, del Diseño de Investigación en la modalidad Estudios de Pregrado y Postgrado titulado: **DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN DEL ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE FIBRA ÓPTICA EN UNA RED DE TRANSPORTE MULTISERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES**, presentado por el estudiante universitario **Mario René Vásquez Medrano**, procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingenieria en esta modalidad.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

A handwritten signature in black ink is written over a circular official stamp. The stamp contains the text: "UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA", "DIRECCIÓN ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA ELECTRICA", and "FACULTAD DE INGENIERIA".

Mtro. Armando Alonso Rivera Carrillo  
Director  
Escuela De Ingenieria Mecanica Electrica

Guatemala, octubre de 2023

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN DEL ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE FIBRA ÓPTICA EN UNA RED DE TRANSPORTE MULTISERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES**, presentado por: **Mario Rene Vasquez Medrano** después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Firmado electrónicamente por: José Francisco Gómez Rivera  
Motivo: Orden de impresión  
Fecha: 28/01/2024 11:15:48  
Lugar: Facultad de Ingeniería, USAC.

Ing. José Francisco Gómez Rivera  
Decano a.i.



Guatemala, enero de 2024

## **ACTO QUE DEDICO A:**

### **Dios**

A Dios, por ser mi guía constante y por brindarme fuerza y claridad durante esta travesía académica.

### **Mis padres**

Mario Vásquez y Rosario González por ser ejemplos de dedicación y esfuerzo incansable. Este logro es también suyo, pues su enseñanza y valores han sido mi brújula en esta travesía académica.

Gracias por su infinita paciencia, aliento y sacrificio a lo largo de este camino. Su orientación y amor han sido mi motivación constante.

### **Mis hermanas**

A mis queridas hermanas Kimberly, Crysol Vásquez Medrano, por su apoyo incondicional, consejos compartidos y palabras de aliento en los momentos más difíciles. Su experiencia ha sido mi guía en este viaje académico.

En especial a Vanessa Vásquez Medrano (q. d. e. p.) quien a pesar de haber partido físicamente, su espíritu y amor siguen vivos en cada logro alcanzado. Su presencia y aliento perduran como una fuente eterna de inspiración, guiándome en cada paso de este camino académico, por motivarme a seguir la universidad y lograr convertirme en un ingeniero

## **AGRADECIMIENTOS A:**

### **Universidad de San Carlos de Guatemala**

A la Universidad de San Carlos de Guatemala, cuyas puertas abiertas y excelencia académica han sido el pilar fundamental en mi formación. Agradezco profundamente a esta prestigiosa institución por brindarme los conocimientos, recursos y oportunidades que han enriquecido mi desarrollo académico y personal.

### **Mis amigos**

A mis queridos amigos de la universidad, quienes han sido mi grupo de apoyo, fuente de ánimo y alegría durante esta etapa académica. Su comprensión y aliento constante han sido un regalo invaluable.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	V
LISTA DE SÍMBOLOS .....	VII
GLOSARIO .....	IX
1. INTRODUCCIÓN .....	1
2. ANTECEDENTES .....	3
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	5
3.1. Contexto general .....	5
3.2. Descripción del problema .....	6
3.3. Formulación del problema .....	6
3.3.1. Pregunta central .....	6
3.3.2. Preguntas Auxiliares .....	7
3.4. Delimitación del problema .....	7
4. JUSTIFICACIÓN .....	9
5. OBJETIVOS .....	11
5.1. General .....	11
5.2. Específicos .....	11
6. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN.....	13

7.	MARCO TEÓRICO .....	15
7.1.	Fibra óptica .....	15
7.1.1.	Partes de la fibra óptica.....	16
7.2.	Tipos de fibra óptica .....	17
7.2.1.	Fibra óptica monomodo.....	17
7.2.2.	Fibra óptica multimodo .....	17
7.3.	Atenuación de la fibra óptica .....	18
7.3.1.	Pérdidas de la fibra óptica .....	18
7.3.1.1.	Absorción intrínseca .....	18
7.3.1.2.	Absorción extrínseca .....	19
7.3.2.	Pérdidas de la fibra óptica por dispersión .....	19
7.3.2.1.	Dispersión lineal .....	19
7.3.2.2.	Dispersión no lineal .....	19
7.3.3.	Pérdidas por flexión.....	20
7.3.4.	Pérdidas de la fibra óptica por dispersión .....	21
7.3.4.1.	Dispersión modal.....	21
7.3.4.2.	Dispersión cromática .....	21
7.3.4.3.	Dispersión por modo de polarización ...	22
7.3.4.4.	Pérdidas de empalme de la fibra óptica	22
7.3.5.	Normativa ITU-T .....	23
7.3.5.1.	Estándar ITU-T G.652 (11/2016).....	23
7.3.5.2.	Fibra óptica circular monomodo de 24 y 48 hilos tipo ADSS .....	24
7.4.	Caracterización básica de la fibra óptica.....	25
7.5.	Reflectómetro óptico en el dominio del tiempo (OTDR) .....	26
8.	PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	27

9.	METODOLOGÍA.....	29
9.1.	Características del estudio .....	29
9.2.	Unidades de análisis .....	30
9.3.	Instrumentos de recolección de datos .....	30
9.4.	Técnicas de análisis de datos.....	31
9.5.	Resultados esperados.....	31
9.6.	Variables.....	32
9.7.	Fases del estudio .....	32
10.	TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN .....	33
10.1.	Técnicas de estadística descriptiva .....	33
10.2.	Técnicas de estadística inferencial.....	33
11.	CRONOGRAMA.....	35
12.	FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO .....	37
12.1.	Factibilidad técnica .....	37
12.2.	Factibilidad económica .....	37
12.3.	Factibilidad social .....	38
12.4.	Costo del estudio.....	38
	REFERENCIAS .....	41



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

<b>Figura 1.</b>	Esquema de la solución.....	14
<b>Figura 2.</b>	Partes de la fibra óptica .....	16
<b>Figura 3.</b>	Tipos de fibra óptica .....	17
<b>Figura 4.</b>	Fibra óptica de 48 hilos.....	25

### TABLAS

<b>Tabla 1.</b>	Cronograma.....	35
<b>Tabla 2.</b>	Costo del estudio .....	38



## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>dB</b>	Decibelio
<b>dB/km</b>	Decibelios por kilómetro
<b>Ghz</b>	Gigahertz
<b>km</b>	Kilómetro
<b>m</b>	Metro
<b>nm</b>	Nanómetro
<b>Thz</b>	Terahertz



## GLOSARIO

<b>Amplitud de onda</b>	La amplitud de onda puede afectar la intensidad de la señal transmitida.
<b>Atenuación</b>	Pérdida de potencia en la señal de luz a medida que viaja a través de la fibra óptica, generalmente debido a la distancia recorrida.
<b>Bajo pico de agua</b>	Se refiere a fibras ópticas que tienen un contenido muy bajo de impurezas de agua en su composición.
<b>Bobina de lanzamiento</b>	Es un dispositivo que se utiliza en pruebas de fibras ópticas para superar las limitaciones de las zonas muertas al inicio y final de la fibra.
<b>Caracterizar fibra óptica</b>	Se refiere al proceso de medir y evaluar las propiedades y pérdidas de una fibra óptica en términos de su capacidad para transmitir señales de manera efectiva.
<b>CWDM</b>	Multiplexación por División de Longitud de Onda Coherente.
<b>Dispersión</b>	En el contexto de las fibras ópticas se refiere a la separación de las señales de luz en diferentes componentes debido a las diferencias en la velocidad de propagación de la luz a través de la fibra.

<b>Empalme de fibra óptica</b>	Un empalme de fibra óptica es una conexión entre dos segmentos de fibra óptica, para permitir que la luz se transmita sin problemas de una fibra a otra. Los empalmes pueden ser mecánicos o por fusión.
<b>Fotón de luz</b>	Los fotones son los portadores de la señal de luz que viaja a través de la fibra.
<b>Fusión de fibra óptica</b>	Es un proceso mediante el cual se unen dos extremos de fibras ópticas mediante la fusión de sus núcleos. Esto se hace para crear una conexión continua y minimizar las pérdidas de señal en el empalme.
<b>G652B</b>	Es una especificación de fibra óptica monomodo que cumple con los estándares ITU-T G.652.
<b>ITU-T</b>	Unión Internacional de Telecomunicaciones.
<b>Micrones</b>	Es una unidad de medida que equivale a una millonésima parte de un metro.
<b>Núcleo (Core)</b>	Parte central de la fibra óptica, generalmente de vidrio, por donde se propaga la luz. Tiene un índice de refracción menor que el revestimiento.
<b>OTDR</b>	Reflectómetro en el Dominio del Tiempo Óptico.
<b>PVC</b>	Cloruro de polivinilo.
<b>Recubrimiento (Coating)</b>	Capa exterior de plástico o PVC que protege la fibra óptica y la aísla de condiciones adversas.

<b>Red de acceso</b>	Es una parte de la infraestructura de telecomunicaciones que conecta a los usuarios finales.
<b>Red de transporte</b>	Es una infraestructura de telecomunicaciones que se utiliza para transportar grandes cantidades de datos a largas distancias. Conecta diferentes partes de una red de telecomunicaciones.
<b>Reflectancia</b>	Se refiere a la medida de la cantidad de luz o energía que se refleja en una superficie en comparación con la cantidad de luz que incide sobre esa superficie.
<b>Refracción</b>	La refracción es importante para guiar la luz a lo largo del núcleo de la fibra.
<b>Revestimiento (Cladding)</b>	Capa que rodea el núcleo de la fibra óptica. Tiene un índice de refracción mayor que el núcleo y evita la dispersión de la luz.



# 1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo se centra en la caracterización de la fibra óptica, según el estándar ITU-T G652B y su relevancia en las redes de transporte multiservicios. representa una contribución significativa al campo de las telecomunicaciones, al abordar un problema crucial: la falta de una caracterización precisa de la fibra óptica, lo que conduce a pérdidas de señal, limitaciones en la velocidad de transmisión y problemas de calidad en las redes de transporte.

El planteamiento del Problema profundiza en la problemática alrededor de la caracterización de la fibra óptica. El problema se vincula con la implementación efectiva de la caracterización de la fibra óptica, para abordar cuestiones como la pérdida de señal, las limitaciones en la velocidad de transmisión y los problemas de calidad, en las redes de transporte multiservicios.

La justificación se centra en la importancia de esta investigación. Se explica que la falta de caracterización adecuada de la fibra óptica conlleva problemas graves en las telecomunicaciones, lo que afecta la calidad de vida de la sociedad en general. Se resalta que este estudio contribuirá a mejorar el rendimiento de las redes multiservicios y, por lo tanto, la calidad de los servicios ofrecidos.

Los objetivos, proporcionan una descripción más detallada de la investigación. Además de desarrollar un procedimiento de caracterización eficaz, se busca analizar cómo se relacionan las especificaciones del estándar con la

caracterización de la fibra óptica y evaluar su impacto en la selección adecuada de la fibra.

Las necesidades a cubrir y el esquema de solución, exploran más a fondo la necesidad de optimizar el rendimiento de las redes multiservicios y presenta una estructura detallada de la solución propuesta. Se destaca la importancia de implementar un procedimiento basado en el estándar ITU-T G652B.

Se describe la metodología empleada en el estudio de manera más precisa, incluyendo el enfoque cuantitativo, el diseño no experimental y los instrumentos de recolección de datos utilizados.

En el índice propuesto, se describe los capítulos que desarrollará el informe final, agregando el capítulo de resultados, donde se tabularán los datos finales obtenidos de las mediciones y estudios realizados; y el capítulo de discusión de resultados, donde se compara los datos entre ellos, en el capítulo final de conclusiones se indicará que fibra óptica se escogió y el por qué, respaldadas de los capítulos anteriores.

Este trabajo busca ofrecer una visión integral y detallada, de la problemática de la caracterización de la fibra óptica y su aplicación en las redes de transporte multiservicios, con el objetivo de proporcionar un procedimiento efectivo, para abordar estos desafíos tecnológicos, de manera precisa y beneficiosa para la sociedad.

## 2. ANTECEDENTES

En el trabajo de graduación de Chérrez (2015) indica que la normativa ITU-T G.652 se aplica en fibra tipo monomodo, que se trabajará en amplitudes de onda de 1310 a 1550 nano metros, una ventana donde se disminuyen los efectos de dispersión y que esta normativa se encuentran 4 tipos desde la A, B, C, D. Cada tipo con sus propios beneficios, en este caso menciona que en tipo ITU-T G.652B, es la fibra óptica tipo monomodo, que trabaja las aplicaciones para mayor velocidad, lo cual sería el mejor tipo, para una red de transporte de multiservicio.

Se tomará la referencia de los datos proporcionados en la tabla 4 de la tesis de Cedillo (2017), los valores apropiados de pérdida del coeficiente de atenuación máxima según la normativa ITU-G652B, en la ventana de transmisión 1310 nm debe de ser de 0.4 dB/Km, mientras que en la ventana de transmisión 1510 nm debe de ser de 0.35 dB/Km, respectivamente en esta misma tabla se menciona las pérdidas en un empalme mecánico, el cual debería ser menor o igual a 0.2 dB con un máximo de 0.5 dB, mientras que un empalme de fusión debería ser menor o igual a 0.1 dB, con un máximo de 0.2 dB, estos datos servirán al momento de realizar las pruebas, para escoger la fibra óptica para la red de transporte, igual cuando se realicen las derivaciones a una red de acceso.

Se indican los parámetros más importantes a tomar al momento de caracterizar la fibra óptica. En la tesis de Astudillo y Ramírez (2014) según los estándares ITU-T G.652 e ITU-T 650.30, son la dispersión cromática, dispersión por modo de polarización, la atenuación en empalmes y conectores, pérdidas por retorno óptico, las cuales tiene que estar en parámetros aceptables al momento

de realizar las mediciones. Al no tener una buena medición sobre estos parámetros, afectan mucho el tipo de transmisión, ya que crean grandes pérdidas de información al tener tramos muy grandes de fibra óptica.

Se menciona en la tesis de De la Sancha (2016) que para la caracterización de una red de transporte es necesario hacer mediciones, esto con el fin de consultar los parámetros que indica el estándar ITU. Para realizar estas mediciones se requieren de dos tipos de equipo, un tipo dedicado y un tipo modular, donde la diferencia de estos es que el equipo dedicado solo ejecuta una función específica y no es posible variar sus valores, mientras un equipo modular brinda la oportunidad de ingresar módulos o tarjetas que corresponden a diferentes equipos dedicados, para realizar estas mediciones. Entre estos equipos se encuentran el OTDR, medidor de dispersión cromática y medidor de dispersión por modos de polarización.

En el artículo web de Rodríguez (2014), menciona que las redes de fibra óptica tienen umbrales de pérdidas de transmisión muy estrechos y tienen poco margen de error, por lo cual, al diseñar las redes, no se tiene que tomar únicamente la pérdida de la red de fibra, sino también las pérdidas por conectores y empalmes por lo cual es necesario utilizar un OTDR. Las mediciones se tienen que realizar con bobinas de lanzamiento, estas para superar las limitaciones de las zonas muertas o terminales del inicio y final a lo largo de la red de transporte.

### **3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

La caracterización de la fibra óptica es importante para garantizar un rendimiento óptimo en redes de transporte. Actualmente la falta de una caracterización de la fibra óptica basados en el estándar ITU-T G652B genera problemas graves, como pérdida excesiva, incapacidad para lograr una velocidad de transmisión óptima y limitaciones en la distancia de transmisión. Además, puede crear dificultades para resolver problemas de calidad de la señal.

#### **3.1. Contexto general**

Las redes de transporte multiservicio, desempeñan un papel importante en la transmisión de datos, voz y vídeo. La fibra óptica se ha convertido en la parte más importante de estas redes, por su capacidad para transmitir grandes cantidades de datos a altas velocidades y distancias. Sin embargo, la selección de la fibra adecuada y sus características precisas, son cuestiones clave para optimizar su rendimiento.

El estándar ITU-T G652B, establece especificaciones para fibras ópticas monomodo, estas especificaciones garantizan que estas fibras, cumplan con los requisitos necesarios, para una transmisión de datos eficiente y confiable a largas distancias. Sin embargo, es necesaria una implementación y una caracterización de la fibra, de acuerdo con este estándar para resolver problemas técnicos y operativos.

### **3.2. Descripción del problema**

En las redes de transporte de telecomunicaciones, optar por fibra óptica adecuada, es un factor importante que afecta directamente la eficiencia. El uso de fibra óptica no caracterizada puede dar lugar a una serie de problemas, algunos de los cuales tienen un impacto importante en el rendimiento y la calidad de los servicios, que se entregan sobre la red de transporte. Estos problemas incluyen: altas pérdida de transmisión, limitaciones en la distancia de transmisión, limitaciones en obtener velocidades optimas de transmisión, dificultad para resolver problemas de calidad, entre otros. Para solventar estos problemas, es necesario llevar a cabo un estudio completo de caracterización de la fibra óptica y definir los parámetros clave, que determinan su eficacia en una red de transporte multiservicios.

### **3.3. Formulación del problema**

En las redes de transporte de telecomunicaciones, la selección y caracterización adecuada de la fibra óptica, es un factor crucial que afecta directamente la eficiencia y calidad del servicio. Actualmente, la falta de una caracterización de la fibra óptica, basada en el estándar ITU-T G652B, puede generar problemas graves, como pérdida excesiva, incapacidad para lograr una velocidad de transmisión óptima y limitaciones en la distancia de transmisión. Además, puede crear dificultades para resolver problemas de calidad de la señal.

#### **3.3.1. Pregunta central**

¿Cómo se puede implementar una caracterización efectiva de la fibra óptica, basada en el estándar ITU-T G652B para optimizar la red de transporte multiservicios?

### **3.3.2. Preguntas Auxiliares**

- ¿Cuáles son las especificaciones aplicables del estándar ITU-T G652B para caracterizar la fibra óptica?
- ¿Cómo puede la caracterización de la fibra óptica, basada en el estándar ITU-T G652B, aportar en la selección de la fibra óptica más adecuada, para el transporte de información en una red de transporte multiservicios?
- ¿Cómo se puede implementar la caracterización de la fibra óptica para minimizar la pérdida de transmisión y maximizar la velocidad de transmisión de datos en una red de transporte multiservicios?

### **3.4. Delimitación del problema**

Se enfoca en la caracterización de la fibra óptica, esto con base en el estándar ITU-T G652B y su aplicación en redes de transporte. Se limita a la evaluación de las especificaciones aplicables del estándar ITU-T G652B, la selección adecuada de fibra óptica y la realización de mediciones en campo, para minimizar la pérdida de transmisión y maximizar la velocidad de transmisión de datos.



## 4. JUSTIFICACIÓN

La fibra óptica es el medio de transmisión más utilizado en las redes de transporte, ya que ofrece una alta capacidad de transmisión de datos a altas velocidades y largas distancias. Sin embargo, el rendimiento de la fibra óptica depende de sus características, por lo que es necesario, llevar a cabo una caracterización adecuada, para garantizar una transmisión confiable.

Actualmente, la falta de la caracterización adecuada de la fibra óptica genera problemas graves, como pérdidas excesivas, problemas en la velocidad de transmisión y limitaciones en la distancia. Además, puede crear dificultades para resolver problemas con calidad de la señal de transmisión.

Se tiene como objetivo desarrollar un procedimiento efectivo, para la caracterización de la fibra óptica basada en el estándar ITU-T G652B, para redes de transporte multiservicios. Este procedimiento permitirá identificar y minimizar la pérdida de transmisión, mejorar la velocidad de transmisión de datos y seleccionar la fibra óptica más adecuada, para el transporte de información en una red de transporte multiservicios.

Se contribuirá al conocimiento, al desarrollar un procedimiento para la caracterización de la fibra óptica, relacionado con el estándar ITU-T G652B, que puede aplicarse en la práctica. Esto beneficiará a profesionales y empresas del sector de las telecomunicaciones, al proporcionarles herramientas y conocimientos, para mejorar el rendimiento de las redes de transporte.

Al mejorar la eficiencia de las redes de transporte y multiservicios, esto tiene un impacto directo en la calidad de los servicios de telecomunicaciones ofrecidos a la sociedad. Una red optimizada garantiza una mejor transmisión de datos, voz y video, lo que a su vez mejora la comunicación y la conectividad en la sociedad en general.

Se realizará la medición de varias fibras ópticas tipo monomodo, con el objetivo de caracterizarlas y obtener la fibra óptica que cumpla el estándar ITU-T G652B, este estándar proporciona los lineamientos necesarios, los cuales se estandarizarán en normativo; el cual se aplicará para cumplir las necesidades de la empresa de telecomunicaciones.

## **5. OBJETIVOS**

### **5.1. General**

Desarrollar un proceso efectivo para la caracterización de la fibra óptica, basada en el estándar ITU-T G652B, para optimizar redes de transporte multiservicios.

### **5.2. Específicos**

1. Determinar las especificaciones importantes del estándar ITU-T G652B, que permitan caracterizar la fibra óptica.
2. Evaluar cómo la caracterización de la fibra óptica puede contribuir de manera significativa en la selección de la fibra óptica más adecuada, para el transporte de información en una red de transporte multiservicios.
3. Efectuar mediciones de caracterización de la fibra óptica, para minimizar la pérdida de transmisión y maximizar la velocidad de transmisión de datos en una red de transporte multiservicios.



## **6. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN**

El principal objetivo es optimizar el rendimiento de las redes de transporte multiservicios, lo que implica una transmisión de datos más eficiente y confiable. Esto es esencial para garantizar una comunicación fluida en la sociedad, ya que las redes de transporte son fundamentales para la transmisión de datos, voz y video. La caracterización de la fibra óptica según el estándar ITU-T G652B, es crucial para garantizar que se utilice la fibra óptica adecuada en las redes de transporte. La falta de una caracterización adecuada puede llevar a la elección de fibras inadecuadas, lo que resulta en problemas de pérdida de transmisión, limitaciones en la distancia y velocidad. Los problemas de calidad de la señal son comunes en las redes de transporte multiservicios. Una caracterización adecuada de la fibra óptica puede ayudar a resolver estos problemas, lo que mejora la calidad de la comunicación y la experiencia del usuario final.

El esquema de la solución se divide en varias fases, la fase uno comienza con un análisis detallado de las especificaciones del estándar ITU-T G652B y se determinará cómo se relacionan con la caracterización de la fibra óptica. Esto garantiza que la caracterización se realice, de acuerdo con los criterios establecidos en el estándar, en esta misma fase se investiga la caracterización de la fibra óptica, esto implica la medición y evaluación de parámetros clave de la fibra, como la atenuación, la dispersión y la capacidad de transmisión.

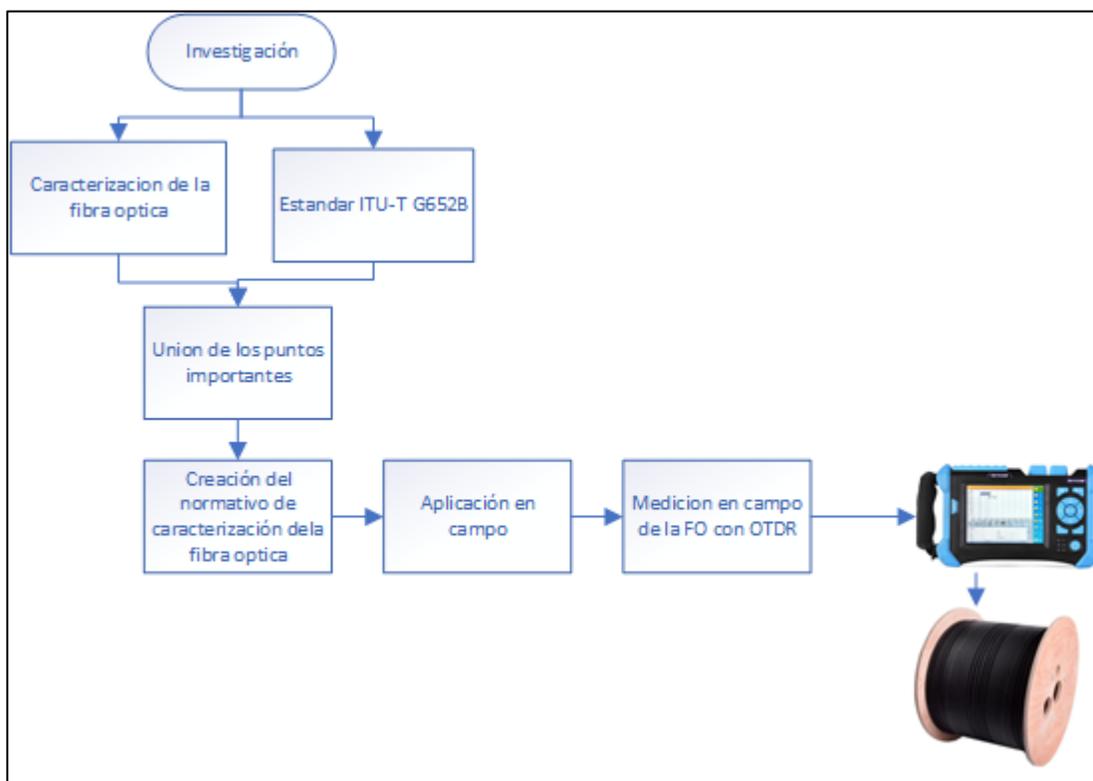
Como fase dos, al tener los puntos más importantes de la investigación previa, se creará un normativo de la caracterización de la fibra óptica con base al estándar ITU-T G652B, donde se implementarán medidas para minimizar la pérdida de transmisión y maximizar la velocidad de transmisión de datos, en la

red de transporte multiservicios. Esto puede incluir ajustes en la configuración de equipos y la infraestructura de red.

Como fase final al tener este normativo del procedimiento de caracterización desarrollado, se aplicará en la práctica en redes de transporte multiservicios reales. Se realizarán pruebas y mediciones en campo para validar la eficacia de la solución propuesta.

### Figura 1.

#### Esquema de la solución



*Nota.* Proceso de solución. Elaboración propia, realizado con Microsoft Visio.

## **7. MARCO TEÓRICO**

Las siguientes definiciones son las partes básicas que conforman una red transporte multiservicio de fibra óptica, comenzando desde sus tipos y formas de pérdidas, hasta llegar a la caracterización básica.

### **7.1. Fibra óptica**

Se entiende en Editorial Etecé (2021), que la fibra óptica sirve como medio de transporte de información, usado en las telecomunicaciones para el envío de datos a altas velocidades a través de un haz de luz. Usualmente está construido por silicio calentado a altas temperaturas lo cual forma vidrio, también puede estar construido de plástico y su forma es cilíndrica.

Se puede resumir de Fibras ópticas de México (2023), que el principio físico de cómo se transmite la información, es conocido como reflexión interna completa, el cual consiste cuando un fotón de luz ingresa, rebota de manera continua en las paredes del cable debido a la desigualdad en el índice de refracción, que es como se propaga el fotón de luz en un material que lo rodea, esta refracción es entre la cubierta y el núcleo. Esta acción permite al haz de luz se transmita en el cable, sin perder demasiada intensidad a distancia muy grandes y sin degradación de la señal.

### 7.1.1. Partes de la fibra óptica

Se tomo de Partesdel.com (2019) que los componentes importantes de la fibra óptica son 3, éstos son: *core* (núcleo), *cladding* (revestimiento), *coating* (recubrimiento).

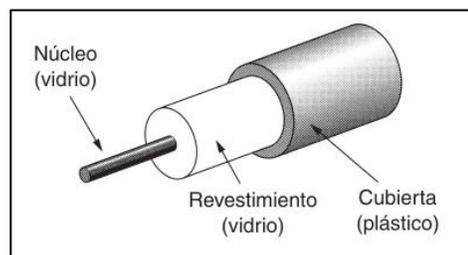
El núcleo está construido de vidrio transparente, con una envoltura que le permita tener un menor índice de refracción, para evitar la dispersión y que las señales dentro de él puedan viajar a una mayor distancia.

El revestimiento está ubicado entre el núcleo y el recubrimiento plástico, este consiste en un gel de color oscuro para impedir que los fotones de luz salgan de la fibra óptica.

El recubrimiento exterior esta normalmente construido de plástico o PVC, el cual debe soportar altas temperaturas o fuego, también debe de poder soportar altas tensiones físicas.

#### Figura 2.

*Partes de la fibra óptica*



*Nota.* Partes de la fibra óptica. Obtenido de J. Petanás. (2015). *La fibra óptica.* (<https://juditpetanas.blogspot.com/2015/11/la-fibra-optica.html>), consultado el 12 de mayo de 2023. De dominio público.

## 7.2. Tipos de fibra óptica

Según el diámetro del núcleo, tipo de propagación del fotón de luz y material se tiene los tipos monomodo y multimodo.

### 7.2.1. Fibra óptica monomodo

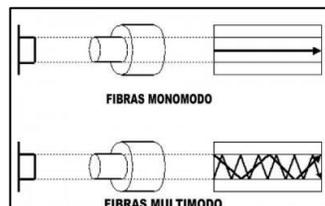
Este tipo tiene un único modo transmisión, su diámetro del núcleo esta entre 8.3 y 10 micrones, se tiene una tasa de transmisión más alta y alcanza hasta 50 veces más distancia que un tipo multimodo, la amplitud de onda en donde se propaga es la 1310 o 1550 nano metros.

### 7.2.2. Fibra óptica multimodo

Su núcleo es más grande en comparación de un tipo monomodo ya que tiene un diámetro entre 50 y 100 micrones, ofrece altas velocidades y una capacidad de banda mayor a distancias medianas o cortas, se puede transmitir varios haces de luz con una amplitud de onda entre 850 nm y 1300 nm.

### Figura 3.

*Tipos de fibra óptica*



*Nota.* Tipos de fibra óptica. Obtenido de Rodríguez. (2014). *¿Qué cable de fibra óptica es el óptimo para mi instalación?* (<https://www.fibraoptica hoy.com/que-cable-de-fibra-optica-es-el-optimo-para-mi-instalacion/>), consultado el 12 de mayo de 2023. De dominio público.

### **7.3. Atenuación de la fibra óptica**

Es la pérdida de potencia, cuando un fotón de luz se transmite distancias grandes, se le puede llamar también pérdida de transmisión.

Se tomo de Telpro Madrid (2021), que su cálculo se define como la relación de  $P_i$  y  $P_o$ , potencia de entrada entre potencia de salida, su fórmula es la siguiente:

$$Atenuacion = \left( \frac{10}{L} \right) \log_{10} \left( \frac{P_i}{P_o} \right)$$

La unidad de atenuación es de db/Km

#### **7.3.1. Pérdidas de la fibra óptica**

Es uno de los tipos más importantes de pérdida de señal, se da cuando un fotón de luz viaja por las impurezas del vidrio de la fibra óptica, estas impurezas pueden ser metal o humedad en la fibra óptica, estas impurezas pueden bloquear parte del haz de luz, absorber parte de ella o dispersa irradiando calor.

##### **7.3.1.1. Absorción intrínseca**

Esta dada por la propiedad básica de que está construida la fibra óptica, en este caso la sílice, ya que este no es un material perfecto tiene impurezas e imperfecciones. Se producen pérdidas en las amplitudes de onda de trabajo entre los 700 a los 1600 nano metros.

### **7.3.1.2. Absorción extrínseca**

La existencia de impurezas es su principal causa, ya que están los iones de hidroxilo y iones metálicos, dentro de los materiales de construcción de la fibra.

### **7.3.2. Pérdidas de la fibra óptica por dispersión**

Se da esta pérdida por las irregularidades físicas de la superficie, estas irregularidades pueden causar que el haz de luz se dirija en diferentes direcciones y esto se traduce como pérdida por dispersión, esta dispersión se puede dar en dos tipos la lineal y no lineal.

#### **7.3.2.1. Dispersión lineal**

También conocida como dispersión de Rayleigh, esta pérdida se produce cuando en la construcción de la fibra hay una partícula de sílice y este momento del cambio de un estado a otro, en este caso de líquido a sólido. provocan cambios en la densidad del vidrio y esto a su vez produce un índice de refracción.

Otra dispersión se puede generar por la falta de uniformidad en la fibra, como imperfección en la forma cilíndrica del núcleo, irregularidades entre el núcleo y revestimiento, diferencias en el índice de refracción, a estas dispersiones se le da el nombre de dispersión de Mie.

#### **7.3.2.2. Dispersión no lineal**

Este tipo de pérdida se crea debido al cambio de un fotón cuando cambia de amplitud de onda a otra de siendo esta de mayor amplitud, con una energía

menor. Se pueden dar 2 tipos de dispersión no lineal las cuales son de Raman y Brillouin.

- La dispersión de Brillouin se origina en transmisiones de frecuencias altas y ocurre cuando se produce una vibración térmica de un fotón de luz y esta a su vez crea un fotón acústico, que da como resultado en el movimiento de frecuencias ópticas y este alrededor de los 10 GHz y tiene una dirección la cual es hacia atrás.
- La Dispersión de Raman tiene muchas similitudes a la dispersión de Brillouin, pero este no produce un fotón acústico sino más bien, crea un fotón óptico y puede ocurrir en ambas direcciones y tiene un desplazamiento de la frecuencia cerca de 13 THz.

### **7.3.3. Pérdidas por flexión**

Como lo indica su nombre, son pérdidas físicas por flexión, existen 2 tipos por macro curvaturas y por micro curvaturas.

Las pérdidas por macro curvaturas son por doblar la fibra óptica en curvas muy cerradas, esto crea un ángulo muy agudo, lo cual no permite que la luz se siga reflejando lo cual resulta en pérdida de la señal.

Las micro curvaturas, son dados por defectos o deformaciones de la estructura misma de la fibra óptica, estas micro curvaturas producen un desplazamiento de la luz y esto resulta en pérdida de la señal.

#### **7.3.4. Pérdidas de la fibra óptica por dispersión**

La dispersión se por el cambio de amplitud de los pulsos de la luz, existen tres tipos de dispersión las cuales son modal, por material y dispersión por guía de ondas.

##### **7.3.4.1. Dispersión modal**

La dispersión modal, se da tanto en la fibra multimodo como en la monomodo. En la fibra multimodo, ya que el diámetro del núcleo es mayor, se pueden tener más transmisión de varias longitudes de onda, cada una en diferentes ángulos, en algún momento durante la transmisión de estas longitudes de onda, ocurre una superposición de estas y esto provoca la dispersión modal.

##### **7.3.4.2. Dispersión cromática**

Un resumen de lo que menciona Martínez (2018), que un factor de pérdida en la capacidad de la banda de transmisión es la dispersión cromática. Esta se da, ya que las diferentes amplitudes de onda transmitidas tienen un desfase de tiempo y distorsiona la señal enviada. La dispersión cromática se da por la unión de otras 2 dispersiones, por material y por guía de onda.

La dispersión por material se da por el índice de refracción del material con el que este fabricado.

La dispersión por guía de ondas se produce en las monomodo y se crea por la diferencia entre el núcleo y el revestimiento, por la refracción entre ellos, ya que cada material tiene un índice distinto, esto provoca que la señal se pierda en su totalidad.

Al tener pérdidas por el ensanchamiento de las amplitudes de onda, ya que unas llegan primero que otras, esto produce pérdidas en la frecuencia y esta disminuye y producen que la transmisión no se de a largas distancias.

#### **7.3.4.3. Dispersión por modo de polarización**

Los puntos principales del artículo web de La Fibra Óptica Perú (2023) menciona que la pérdida de modo de polarización es una pérdida que distorsiona la señal transmitida, la cual es causada por pequeñas diferencias en el índice de refracción.

Esta dispersión puede causar el ensanchamiento del tamaño de la onda transmitida, lo que provoca errores en el recibimiento de la señal, la magnitud de esta pérdida está ligada de diferentes factores, los cuales son físicos como la asimetría del núcleo, la curvatura y la tensión de la fibra óptica.

Es un fenómeno importante que se debe de tomar en cuenta, en las transmisiones de distancias muy grandes y que se transmite a una alta velocidad, ya que esta puede llegar a afectar la recepción de la señal.

#### **7.3.4.4. Pérdidas de empalme de la fibra óptica**

Se toman los puntos importantes del artículo web de Howard (2021), donde se indica que la atenuación máxima de la fibra óptica tipo monomodo, en la amplitud onda de 1310 nano metros son 0.5 dB/km y en la amplitud de onda 1550 nano metros son 0.5 dB/km.

Según la TIA / EIA, la pérdida por conector es de 0.75 dB y la pérdida por fusión es de 0.3 dB.

Con los datos anteriores se pueden calcular las siguientes pérdidas:

- Pérdida del cable = coeficiente máximo de atenuación del cable x longitud (km)
- Pérdida por conector = número de conectores x pérdida de conector permitida (dB)
- Pérdida por fusión = número de empales de fusión x pérdida de empalme de fusión (dB)

### **7.3.5. Normativa ITU-T**

Se resume de ITU (2019), que el acrónimo ITU-T, significa Unión Internacional de Telecomunicaciones – Telecomunicación el cual este encargado de normalizar parte de las telecomunicaciones.

Esta normalización está a cargo de expertos, para crear las recomendaciones ITU, que son definatorios en la infraestructura de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC), esta normalización es necesaria para la compatibilidad de las TIC.

#### **7.3.5.1. Estándar ITU-T G.652 (11/2016)**

Se explica en Grupo COFITELE (2014), esta norma describe las propiedades mecánicas, geométricas y de transmisión de fibra ópticas monomodo, en las longitudes de onda de dispersión cero situada en 1310 y 1550 nano metros.

En la fibra óptica tipo monomodo, sus ventajas es tener una transmisión de ancho de banda casi ilimitado y con un bajo nivel de atenuación en largas distancias.

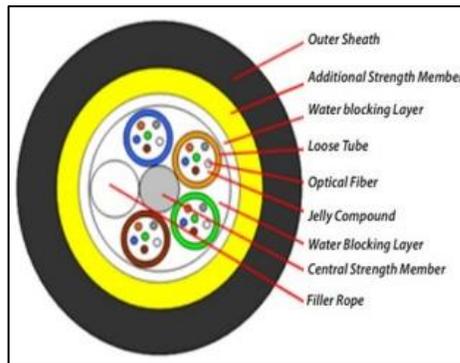
Los estándar G652B y G652D, se utilizan en las redes de telecomunicaciones, para la transmisión información con grandes velocidades en longitudes de onda de 1310 y 1550 nano metros, con fibras de bajo pico de agua y son válidos para la transmisión en CWDM o DWDM.

#### **7.3.5.2. Fibra óptica circular monomodo de 24 y 48 hilos tipo ADSS**

Este tipo de fibra óptica ADSS (autoportante totalmente dieléctrica), es una fibra óptica autoportante que no necesita mensajero metálico, lo que demuestra que la fibra óptica es suficientemente fuerte para auto soportarse, en largas distancia entre postes, es idónea en instalaciones con línea eléctricas donde la instalación es compartida o cercana, ya que no supone ningún riesgo al no tener un cuerpo metálico en su interior la fibra de 24 y 48 hilos, su diámetro es de 13.2 mm.

## Figura 4.

### Fibra óptica de 48 hilos



*Nota.* Fibra óptica de 48 hilos. Obtenido de 4Net Networking (2010). *Datos que debes conocer de los cables ADSS.* (<https://www.4netonline.com/ws/datos-que-debes-conocer-de-los-cables-adss>), consultado el 18 de junio de 2023. De dominio público.

## 7.4. Caracterización básica de la fibra óptica

Se toman los puntos principales del artículo de Alma Labs (2023), las mediciones que se realizan son las mediciones de distancia y presupuesto de atenuación por medio de un OTDR, tomando en cuenta las pérdidas por atenuación de los empalmes por conector y fusión.

Si se necesita una caracterización más completa y se cuenta con el equipo necesario, se deben realizar mediciones de atenuación de la reflexión óptica, dispersión cromática y dispersión del modo de polarización.

El desconocimiento de algunas de estas pérdidas puede reducir el ancho de banda de transmisión y diferentes métodos de medición, lo que afecta en el funcionamiento de la red.

## **7.5. Reflectómetro óptico en el dominio del tiempo (OTDR)**

Se hace un resumen de los aspectos de más relevancia del artículo de viavisolutions (2023), el OTDR es un dispositivo de gran importancia para la caracterización de las fibras ópticas, el funciona emitiendo un fotón de luz a través de la fibra óptica y registrando la respuesta de este haz de luz, dando información sobre las pérdidas que encuentra; también da la reflectancia de la fibra, así como la ubicación en términos de la distancia de eventos como los empalmes y la conexiones.

Los OTDR se les encuentra en 2 tipos los portátiles y los de sobremesa, los de sobremesa suelen ser equipos más grandes y con funciones avanzadas, mientras que los portátiles usan baterías y son ideales en uso en trabajo de campo.

La configuración de un OTDR es importante, para obtener mediciones correctas, los parámetros a configurar son el ancho de pulso, rango de distancia adecuada al tramo a medir, tiempo promedio de la medición.

## 8. PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

OBJETIVOS

RESUMEN DEL MARCO METODOLÓGICO

INTRODUCCIÓN

### 1. MARCO TEÓRICO

#### 1.1. Fibra óptica

##### 1.1.1. Partes de la fibra óptica

#### 1.2. Tipos de fibra óptica

##### 7.2.1. Fibra óptica monomodo

##### 7.2.2. Fibra óptica Multimodo

#### 1.3. Atenuación de la fibra óptica

##### 1.3.1. Pérdidas de la fibra óptica

###### 1.3.1.1. Absorción intrínseca

###### 1.3.1.2. Absorción extrínseca

##### 1.3.2. Pérdidas de la fibra óptica por dispersión

##### 1.3.3. Pérdidas por flexión

##### 1.3.4. Pérdidas de la fibra óptica por dispersión

###### 1.3.4.1. Dispersión modal

###### 1.3.4.2. Dispersión cromática

- 1.3.4.3. Dispersión por modo de polarización
    - 1.3.4.4. Pérdidas de empalme de la fibra óptica
  - 1.3.5. Normativa ITU-T
    - 1.3.5.1. Estándar ITU-T G.652 (11/2016)
    - 1.3.5.2. Fibra óptica circular monomodo de 24 y 48 hilos tipo ADSS
- 1.4. Caracterización básica de la fibra óptica
- 1.5. Reflectómetro óptico en el dominio del tiempo (OTDR)

## 2. RESULTADOS

## 3. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS

ANEXOS

## **9. METODOLOGÍA**

En este capítulo se describirá la metodología utilizada en el proceso de investigación, que se utilizará para el estudio de la caracterización de la fibra óptica, el tipo de diseño sobre las variables trabajadas, el tipo de muestra a utilizar para verificar que se haya llegado a la solución propuesta.

### **9.1. Características del estudio**

El enfoque de la investigación es cuantitativo, ya que se centra en la recopilación y análisis de datos cuantitativos. Esto se debe a que la investigación tiene como objetivo desarrollar un procedimiento, para la caracterización de la fibra óptica basada en el estándar ITU-T G652B. Para ello, es necesario recopilar datos sobre las especificaciones del estándar, los parámetros de la fibra óptica y los resultados de las mediciones.

El alcance de la investigación es descriptivo, ya que se centra en la descripción de las características y el comportamiento de la fibra óptica. Esto se debe a que la investigación tiene como objetivo, analizar las especificaciones del estándar ITU-T G652B y determinar cómo se relacionan con la caracterización de la fibra óptica.

El diseño de la investigación es no experimental, ya que no se manipularán variables. Esto se debe a que la investigación tiene como objetivo analizar datos existentes y realizar mediciones en campo, del tipo descriptivo, ya que se centra en la descripción de las características y el comportamiento de la fibra óptica.

La investigación tiene como objetivo analizar las especificaciones del estándar ITU-T G652B y determinar cómo se relacionan con la caracterización de la fibra óptica. Para ello, se recopilarán datos sobre las especificaciones del estándar actual instalado, los parámetros de la fibra óptica y los resultados de las mediciones.

## **9.2. Unidades de análisis**

La población en estudio serán todas las fibras ópticas monomodo de la empresa de telecomunicaciones, donde la muestra son un grupo de fibras ópticas monomodo proporcionadas por la empresa de telecomunicaciones para su caracterización, aplicando el normativo que se creará con el objeto de determinar cuáles cumplen con el estándar requerido y cuáles no. El tipo de muestreo será aleatorio simple, donde el procedimiento del muestreo se hará seleccionando cinco fibras ópticas del proveedor de telecomunicaciones, ya que estas fibras ópticas son de una red de servicio principal.

## **9.3. Instrumentos de recolección de datos**

Se utilizarán dos tipos de instrumentos los cuales son:

- Cuestionario: se utilizará para recopilar datos sobre las especificaciones del estándar ITU-T G652B y cómo se relacionan con la caracterización de la fibra óptica, se diseñará con preguntas abiertas y cerradas. Las preguntas abiertas se utilizarán para recopilar información cualitativa, mientras que las preguntas cerradas se utilizarán para recopilar información cuantitativa

- Equipo de medición OTDR: se utilizará para realizar mediciones de las características de la fibra óptica, como la atenuación, la dispersión y la capacidad de transmisión, el OTDR se calibrará antes de su uso. Se realizarán mediciones de las características de la fibra óptica en condiciones controladas

#### **9.4. Técnicas de análisis de datos**

Por el motivo que se recopilarán datos cuantitativos y cualitativos, se utilizará un enfoque mixto para el análisis de datos.

Los datos cuantitativos se analizarán mediante técnicas estadísticas descriptivas y correlacionales. Las técnicas estadísticas descriptivas se utilizarán para describir las características de la población y la muestra. Las técnicas estadísticas correlacionales, se utilizarán para determinar si existe una relación entre las variables.

#### **9.5. Resultados esperados**

Los resultados esperados de esta investigación son los siguientes:

- Una descripción de las características y comportamiento de la fibra óptica al momento de su análisis.
- Una comprensión de cómo las especificaciones del estándar ITU-T G652B, se relacionan con la caracterización de la fibra óptica.
- Un procedimiento de caracterización efectivo para la fibra óptica.
- Un resultado de la medición de la fibra ópticas cumpla el estándar ITU-T G652B.

## **9.6. Variables**

Las variables del estudio son las siguientes, como variables cuantitativas serán la atenuación de la fibra óptica, dispersión de la fibra óptica, capacidad de transmisión de la fibra óptica.

Las variables cualitativas serán los resultados de la encuesta.

## **9.7. Fases del estudio**

- Fase 1: análisis de las especificaciones del estándar ITU-T G652B. En esta fase, se analizarán las especificaciones del estándar, para determinar cómo se relacionan con la caracterización de la fibra óptica.
- Fase 2: caracterización de la fibra óptica. En esta fase, se realizarán mediciones de las características de la fibra óptica en condiciones controladas.
- Fase 3: desarrollo del procedimiento de caracterización. En esta fase, se desarrollará un normativo con procedimiento de caracterización efectivo para la fibra óptica.
- Fase 4: validación del procedimiento de caracterización. En esta fase, se validará el procedimiento de caracterización en redes de transporte multiservicios reales.
- Fase 5: medición de fibra óptica. En esta fase se medirán la fibra óptica para su proceso de caracterización.

## **10. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN**

### **10.1. Técnicas de estadística descriptiva**

- Se hará medidas de tendencia central, se calculará la media, mediana y la moda de los datos de atenuación, para cada medición a través del OTDR de cada fibra muestreada.
- Medidas de dispersión, se calculará la desviación estándar para cada conjunto de atenuaciones.
- Se crearán gráficos de tipo histogramas, para visualizar la distribución de la atenuación en cada conjunto de datos. Esto ayudará a identificar si los datos siguen una distribución normal o si hay valores atípicos.

### **10.2. Técnicas de estadística inferencial**

- Se utilizará la regresión para comprender cómo la distancia de transmisión afecta a la atenuación. se realizará un análisis de regresión lineal para modelar esta relación. Por ejemplo, si encontrar que existe una relación lineal negativa, entre la distancia de transmisión (en kilómetros) y la atenuación (en dB), lo que significa que a medida que la distancia aumenta, la atenuación tiende a aumentar.
- Se utilizará el análisis de correlación, se tendrán múltiples variables como atenuación, dispersión y capacidad de transmisión, con el análisis de correlación se determinará si existe una correlación significativa entre

ellas. Por ejemplo, se dio como resultado una correlación negativa moderada, entre la atenuación y la capacidad de transmisión, lo que significa que a medida que la atenuación aumenta, la capacidad de transmisión tiende a disminuir.

- Se utilizará el análisis de varianza para obtener datos de atenuación de varios proveedores para determinar si hay diferencias significativas entre los proveedores, utilizando el análisis de varianza, esto permitirá saber si la atenuación difiere significativamente entre los proveedores.

# 11. CRONOGRAMA

**Tabla 1.**  
*Cronograma*

número	actividad	inicio	fin	2023				2024					
				Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo				
				s e m a n a	s e m a n a	s e m a n a	s e m a n a	s e m a n a	s e m a n a				
1	investigación de la caracterización de la fo	02/10/2023	06/10/2023										
2		09/10/2023	20/10/2023										
3	investigación del estándar ITU-T G652B	23/10/2023	27/10/2023										
4		30/10/2023	01/11/2023										
5	union de puntos importantes	04/12/2023	08/12/2023										
6		11/12/2023	29/01/2024										
7	creacion del normativo de caracterización de la FO	05/02/2024	09/02/2024										
8		12/02/2024	26/02/2024										
9		04/03/2024	15/03/2024										
10	mediciones en campo de la FO con OTDR y documentación	11/03/2024	22/03/2024										
11		25/03/2024	29/03/2024										

*Nota.* Tiempo de ejecución. Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.



## **12. FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO**

El estudio es factible, ya que se cuenta con los siguientes recursos humanos, materiales y tecnológicos necesarios para llevarlo a cabo:

- Recursos humanos: el estudio será realizado por el investigador, el cual tiene conocimientos en el área de telecomunicaciones.
- Recursos materiales: se contará con el equipo de medición OTDR, necesario para realizar las mediciones de las características de la fibra óptica. El equipo será calibrado antes de su uso para garantizar la precisión de las mediciones.
- Recursos tecnológicos: se contará con el software necesario para el análisis de los datos.

### **12.1. Factibilidad técnica**

El estudio se basa en el análisis de las especificaciones técnicas del estándar ITU-T G652B y en la medición de parámetros de la fibra óptica, como la atenuación, la dispersión y la capacidad de transmisión. Para ello, se requerirá el acceso a fibras ópticas monomodo y equipos de medición como el OTDR el cual esta disponibles en el mercado nacional, la fibra óptica a medir será proporcionada por la empresa de telecomunicaciones.

### **12.2. Factibilidad económica**

El estudio es económicamente factible, ya que los costos de investigación son asumibles para la empresa de telecomunicaciones. Los costos estimados

incluyen el costo del equipo de medición OTDR, el costo del software de análisis de datos y el costo de la mano de obra.

### 12.3. Factibilidad social

La investigación tiene un impacto potencial en la sociedad, al mejorar las redes de transporte multiservicios. Esto puede llevar a una comunicación más eficiente y una mejor conectividad para los usuarios finales, lo que se traduce en un beneficio social importante.

### 12.4. Costo del estudio

En la tabla 2 se describen los costos del estudio.

**Tabla 2.**

*Costo del estudio*

<b>Tipo de recurso</b>	<b>Recursos</b>	<b>Costos</b>
<b>Humano</b>	investigador	Q 24.000,00
<b>Hardware</b>	Alquiler de OTDR	Q 5.000,00
<b>Hardware</b>	Laptop	Q 5.000,00
<b>Hardware</b>	Modem	Q 500,00
<b>Hardware</b>	Alquiler de vehículo	Q 4.000,00
<b>Hardware</b>	Alquiler de Fusionadora	Q 5.000,00
<b>Hardware</b>	Alquiler de equipo de fusión de FO	Q 1.000,00
<b>Software</b>	Microsoft Office	Q 500,00
<b>viáticos</b>	Hotel	Q 2.500,00
<b>viaticas</b>	Gasolina	Q 2.000,00

Continuación Tabla 2.

<b>Tipo de recurso</b>	<b>Recursos</b>	<b>Costos</b>
<b>viáticos</b>	Alimentos	Q 15.000,00
<b>viáticos</b>	Parqueo	Q 500,00
	<b>Total</b>	<b>Q 65.000,00</b>

*Nota.* Detalle del presupuesto para la realización del proyecto de investigación. Elaboración propia, realizo en Excel



## REFERENCIAS

- 4Net Networking. (2010). *Datos que debes conocer de los cables ADSS*. 4Net Online. <https://www.4netonline.com/ws/datos-que-debes-conocer-de-los-cables-adss>
- Alma Labs. (22 de septiembre de 2023). *Caracterización de Enlaces*. Alma Laboratorios S. A. de C. V. <https://almalaboratorios.com/caracterizacion-de-enlaces/>
- Astudillo, J. y Ramírez, E. (2014). *Manual para la caracterización de la fibra óptica en DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing)*. [Tesis de ingeniería, Universidad Politécnica Salesiana]. Archivo digital. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/7119/1/UPS-CT003888.pdf>
- Cedillo, L. (2017). *Diseño y propuesta para la implementación de un anillo de fibra óptica en el campus de la Universidad Nacional de Loja*. [Tesis de ingeniería, Universidad Nacional de Loja]. Archivo digital. <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/18560/1/Cedillo%20Benavides%2C%20Lennin%20Stalin.pdf>
- Chérrez, P. (2015). *Rediseño de la red de acceso para la Corporación Nacional de Telecomunicaciones en el centro de Azogues*. [Tesis de maestría, Pontificia Universidad Católica del Ecuador]. Archivo digital. <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/11122/TESIS%20PAULCHERREZ.pdf?sequence=1>

De La Sancha, J. (2016). *Análisis y caracterización de la red de transporte por fibra óptica de la región central de México*. [Tesis de ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México]. Archivo digital. <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/jspui/bitstream/132.248.52.100/12144/1/tesis.pdf>

Editorial Etecé. (5 de agosto de 2021). *Fibra óptica*. Concepto.de. <https://concepto.de/fibra-optica/>

Fibras ópticas de México. (21 de septiembre, 2023). *Que es la fibra óptica y su funcionamiento*. Fibrasopticasdemexico.com. <https://fibrasopticasdemexico.com/que-es-la-fibra-optica-y-su-funcionamiento/>

Grupo COFITELE. (2 de julio de 2014). *Diferentes tipos de fibra óptica*. c3comunicaciones.es. <https://www.c3comunicaciones.es/diferentes-tipos-de-fibra-optica/>

Howard. (22 de diciembre de 2021). *Entender la pérdida de fibra: ¿qué es y cómo calcularla?* Community FS. <https://community.fs.com/es/blog/understanding-fiber-loss-what-is-it-and-how-to-calculate-it.html>

ITU. (3 de mayo de 2019). *UIT-T: Elaboración de normas*. itu.int. <https://www.itu.int/es/mediacentre/backgrounders/Pages/itu-t-setting-the-standard.aspx>

La Fibra Óptica Perú (22 de septiembre de 2023). *Las fibras ópticas: Dispersión del modo de polarización*. Lafibraoptica Peru. <https://lafibraoptica Peru.com/las-fibras-opticas-dispersion-del-modo-de-polarizacion/>

Martínez, J. (9 de noviembre de 2018). *La dispersión cromática*. Prored. <https://www.prored.es/la-dispersion-cromatica>

Partesdel.com. (21 de septiembre de 2023). *Partes de la fibra óptica*. Equipo de redacción profesional. [https://www.partesdel.com/partes\\_de\\_la\\_fibra\\_optica.html](https://www.partesdel.com/partes_de_la_fibra_optica.html)

Petanás, J. (21 de noviembre de 2015). *La fibra óptica*. Informática Amb La Judit. <https://juditpetanas.blogspot.com/2015/11/la-fibra-optica.html>

Rodríguez, A. (2014). *¿Qué cable de fibra óptica es el óptimo para mi instalación?* Fibra Óptica Hoy. <https://www.fibraopticahoy.com/que-cable-de-fibra-optica-es-el-optimo-para-mi-instalacion/>

Telpro Madrid. (7 de noviembre de 2021). *Fibra óptica y las Pérdidas de la Fibra Óptica*. Telpromadrid.eu. <https://telpromadrid.eu/fibra-optica/>

Viavisolutions. (2023, 22 de septiembre). *¿Cuáles son los principios de funcionamiento y las características de los OTDR?* VIAVI Solutions. <https://www.viavisolutions.com/es-es/what-are-working-principles-and-characteristics-otdrs>