



“Responsabilidad con pensamiento positivo”

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL

TRABAJO DE TITULACIÓN EN OPCIÓN AL GRADO DE: INGENIERO EN ELECTRÓNICA DIGITAL Y TELECOMUNICACIONES

TEMA:

MÓDULO EXPERIMENTAL DE LABORATORIO PARA DETECTAR FALLOS EN ENLACES DE FIBRA ÓPTICA MONOMODO POR REFLECTOMETRÍA ÓPTICA EN EL DOMINIO DEL TIEMPO, A TRAVÉS DE UN OTDR

AUTOR:

EDISON ROBERTO GUAMÁN CASTRO

TUTOR:

ING. DAVID CANDO, MG

QUITO, ECUADOR 2020

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de tutor del trabajo de titulación certifico:

Que el trabajo de titulación “MÓDULO EXPERIMENTAL DE LABORATORIO PARA DETECTAR FALLOS EN ENLACES DE FIBRA ÓPTICA MONOMODO POR REFLECTOMETRÍA ÓPTICA EN EL DOMINIO DEL TIEMPO, A TRAVÉS DE UN OTDR”, presentado por el Sr. Edison Roberto Guamán Castro, estudiante de la carrera de Electrónica Digital y Telecomunicaciones, reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la evaluación del Tribunal de Grado, que se designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Quito, D.M. marzo del 2020

TUTOR

Ing. David Cando, Mg

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de tutor del componente práctico certifico:

Que el trabajo de titulación “MÓDULO EXPERIMENTAL DE LABORATORIO PARA DETECTAR FALLOS EN ENLACES DE FIBRA ÓPTICA MONOMODO POR REFLECTOMETRÍA ÓPTICA EN EL DOMINIO DEL TIEMPO, A TRAVÉS DE UN OTDR”, presentado por el Sr. Edison Roberto Guamán Castro, estudiante de la carrera de Electrónica Digital y Telecomunicaciones, reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la evaluación del Tribunal de Grado, que se designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Quito, D.M. marzo del 2020

TUTOR

Ing. David Cando, Mg

AGRADECIMIENTO

A ti señor mi Dios, siempre te agradeceré por permitir que día a día me levante y observe tu creación y regocijarme en tu santa voluntad. A mis padres por su apoyo y gentil paciencia.

Quiero agradecer a ese grupo de profesionales que me han permitido laborar en sus diferentes empresas.

Un agradecimiento muy especial al Ingeniero David Cando, quien, con su conocimiento técnico y profesional, guó este trabajo de titulación.

Edison Roberto Guamán Castro

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo a Dios, quien guía mi camino con sus bendiciones y por permitirme llegar hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

A mis hijos, David, Mathías, Nicolas y Mayte, que con su sonrisa inyectan fuerzas de amor para seguir adelante en todos mis proyectos.

A mis padres Vicente Guamán y Alicia Castro, que son un ejemplo muy importante en mi vida.

A mi abuelita Naty, que siempre está a mi lado con sus bendiciones.

A mis hermanas Alicia, Nancy, Maritza, Consuelo y a todos mis sobrinos que son parte de este sueño.

Edison Roberto Guamán Castro

TABLA DE CONTENIDO

APROBACIÓN DEL TUTOR	i
APROBACIÓN DEL TUTOR	ii
AGRADECIMIENTO	iii
DEDICATORIA	iv
TABLA DE CONTENIDO	v
LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE TABLAS	xi
LISTA DE ECUACIONES	xii
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xiv
INTRODUCCIÓN.....	1
Problema de investigación: presentación y justificación.....	2
Objetivo general	2
Objetivos específicos	2
Alcance	3
CAPÍTULO 1	5
1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	5
1.1. Luz óptica.	5
1.2. Propiedades de la luz	6
1.3. Fibra óptica	8
1.3.1. Atenuación	9
1.3.2. Ventanas de operación	10
1.3.3. Bandas de Operación.....	11
1.3.4. Longitud de Onda.....	11
1.3.5. Dispersión.....	12

1.3.6.	Dispersión Cromática.....	13
1.3.7.	Dispersión modal de modo de polarización	13
1.3.8.	Micro y macro curvatura	14
1.4.	Tipos de fibras	15
1.4.1.	Fibra multimodo	15
1.4.2.	Fibra Monomodo	17
1.5.	Limitación por longitud de onda de corte.....	18
1.6.	Frecuencia delimitadora o normalizada.....	18
1.7.	Componentes de una fibra óptica	18
1.8.	Fuentes de luz	19
1.9.	Tipos de Cables de fibra	21
1.9.1.	Tubo ajustado.....	21
1.9.2.	Tubo suelto	22
1.10.	Estándares por la ITU	22
1.11.	Elementos de un enlace de fibra óptica	23
1.11.1.	Conectores.....	23
1.11.2.	Tipos de pulido.....	25
1.12.	Empalmes.....	26
1.13.	Cálculo de enlace	27
1.14.	Instrumentos de medida	28
1.14.1.	OTDR.....	28
1.14.2.	OTDR propuesto	30
1.14.3.	Bobina de lanzamiento	32
CAPÍTULO 2		34
2.	MARCO METODOLÓGICO	34
2.1.	Modalidad de investigación.....	34
2.2.	Investigación bibliográfica	34

2.3.	Investigación de campo	34
2.4.	Investigación explicativa	35
CAPÍTULO 3		36
3.	PROPUESTA	36
3.1.	Definición del problema	36
3.2.	Desarrollo objetivo específico	36
3.3.	Módulo de prácticas	37
3.4.	Elementos del módulo	41
3.5.	Materiales consumibles.....	42
3.6.	Aspectos técnicos.....	42
3.7.	Hardware y Software utilizado	43
3.8.	Factibilidad de la propuesta	44
3.9.	Descripción de capítulos	49
3.10.	Ventajas del proyecto	52
CAPÍTULO 4		53
4.	IMPLEMENTACIÓN	53
4.1.	Desarrollo.....	53
4.1.1.	Diseño del módulo experimental.....	53
4.1.2.	Diseño del montaje de accesorios	56
4.1.3.	Diseño de rutas	57
4.1.4.	Diseño de enlaces	58
4.2.	Etiquetado	61
4.3.	Modelo de práctica.....	62
4.4.	Implementación módulo experimental	63
4.5.	Empalme conectorización de fibra óptica.....	65
4.6.	Pruebas de funcionamiento	66

4.6.1.	Transmisión de luz	67
4.5.2	Medidas de potencia.....	68
4.7.	Análisis de resultados	69
	CONCLUSIONES.....	70
	RECOMENDACIONES	71
	BIBLIOGRAFÍA.....	72

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1	Radiación electromagnética de la luz	5
Figura 1.2	Reflexión de la luz.....	6
Figura 1.3	Refracción de la luz.....	7
Figura 1.4	Ángulo de aceptación.....	9
Figura 1.5	Espectro visible	10
Figura 1.6	Perdidas por macro curvatura.....	14
Figura 1.7	Perdidas por micro curvatura	14
Figura 1.8	Componentes de la fibra óptica.	15
Figura 1.9	Fibra multimodo.....	16
Figura 1.10	Fibra óptica multimodo de índice gradual.....	16
Figura 1.11	Fibra óptica multimodo de índice escalonado.....	17
Figura 1.12	Fibra óptica monomodo	17
Figura 1.13	Estructura de la fibra óptica.....	19
Figura 1.14	Anchura espectral fuente de luz LED	20
Figura 1.15	Anchura espectral fuente LASER.....	21
Figura 1.16	Conector SC.....	23
Figura 1.17	Conector LC.....	24
Figura 1.18	Conector FC.....	24
Figura 1.19	Conector MPO.....	25
Figura 1.20	Pulido UPC	25
Figura 1.21	Fusión de fibra.....	26
Figura 1.22	Empalme Mecánico.....	27
Figura 1.23	Diagrama de bloques de un OTDR genérico.....	30
Figura 1.24	Grafica del OTDR	30
Figura 1.25	OTDR propuesto.....	31
Figura 1.26	Bobina de lanzamiento	33
Figura 3.1	Modulo de Fibra Óptica.....	38
Figura 3.2	Cronograma de actividades.....	51
Figura 4.1	Diseño módulo experimental herramienta AutoCad.....	54
Figura 4.2	Modelación y Vistas en AutoCad.....	55
Figura 4.3	Diagrama de distribución en AutoCad.....	56
Figura 4.4	Diseño ruta enlaces de fibra óptica	57
Figura 4.5	Simulación enlaces 1-2-3	61
Figura 4.6	Simulación enlaces 4-5-6	61
Figura 4.7	Proceso construcción módulo metálico.....	63

Figura 4.8 Instalación Roseta.....	64
Figura 4.9 Distribución ODF.....	65
Figura 4.10 Módulo experimental de comunicaciones ópticas.....	66
Figura 4.26 Pruebas de transmisión de luz.....	67
Figura 4.12 Pruebas de medida de potencia en enlaces.....	68

LISTA DE TABLAS

Tabla 1.1 Índices de refracción de diferentes materiales	7
Tabla 1.2 Atenuaciones de la fibra óptica.....	9
Tabla 1.3 Bandas de Operación	11
Tabla 3.1 Equipos y herramientas módulo empalmes	38
Tabla 3.2 Equipo y materiales fase transmisión de luz.....	39
Tabla 3.3 Equipo y materiales fase reflectometría óptica	39
Tabla 3.4 Equipo y materiales fase medida de potencia óptica	39
Tabla 3.5 Materiales fase TX	40
Tabla 3.6 Materiales fase canal de transmisión.....	41
Tabla 3.7 Materiales fase canal de transmisión.....	41
Tabla 3.8 Materiales consumibles	42
Tabla 3.9 Oferta económica Proveedor Hentel	45
Tabla 3.10 Oferta económica Proveedor Hentel	46
Tabla 3.11 Costo construcción módulo físico metálico.....	47
Tabla 3.12 Costos adicionales del proyecto	47
Tabla 3.13 Presupuesto resumen construcción módulo experimental.....	48
Tabla 4.1 Elementos que conforman el módulo.....	58
Tabla 4.2 Detalle del presupuesto de pérdidas	60
Tabla 4.3 Detalle de pérdidas totales	60
Tabla 4.4 Detalle de pérdidas totales	64
Tabla 4.5 Tipo de fusión y/o conectorización	65
Tabla 4.6 Tipo de fusión y/o conectorización.....	67
Tabla 4.7 Medida de potencia óptica en los enlaces	68

LISTA DE ECUACIONES

Ecuacion 1	3
Ecuacion 2	4
Ecuacion 3	4
Ecuacion 4	5
Ecuacion 5	7
Ecuacion 6	8
Ecuacion 7	8
Ecuacion 8	14
Ecuacion 9	23
Ecuacion 10	23

RESUMEN

El propósito del trabajo de titulación es la elaboración de un módulo práctico experimental de comunicaciones ópticas con su respectivo equipo, para el desarrollo de pruebas y prácticas de reflectometría óptica.

El proyecto presentará bases teóricas de la fibra óptica monomodo y multimodo, centrándose más en la fibra óptica monomodo y sus parámetros más destacados, vistos desde lo que es la transmisión óptica, geométrica y de luz.

A través del desarrollo de prácticas de medición con el equipo OTDR a los enlaces implementados en el módulo experimental, se podrán analizar y medir los principales eventos mostrados en gráficas llamadas trazas.

PALABRAS CLAVE

Comunicaciones ópticas, reflectometría, fibra monomodo, multimodo, OTDR, Trazas.

ABSTRACT

The purpose of the qualification work is the elaboration of an experimental practical module of optical communications with its respective team, for the development of tests and practices of optical reflectometry.

The project will present the theoretical bases of single-mode and multimode optical fiber, focusing more on single-mode optical fiber and its most outstanding parameters, seen from the perspective of optical, geometric and light transmission.

Through the development of measurement practices with the OTDR team to the links implemented in the experimental module, the main events shown in graphs called traces can be analyzed and measured.

KEYWORDS

Optical communications, reflectometry, single mode, multimode fiber, OTDR, Traces.

INTRODUCCIÓN

La demanda de enlaces y conexión de fibra óptica alrededor del mundo está en desarrollo notablemente, las redes son más grandes, más potentes y confiables, esto da para aumentar número de operadores, instaladores y contratistas. Con el fin de aumentar la eficiencia de las operaciones es necesario contar con un laboratorio para realizar mediciones y detectar fallas en las diferentes conexiones de fibra óptica.

El OTDR (Optical Time Domain Reflectometer) es un equipo adecuado para la caracterización de enlaces de fibra óptica en el dominio del tiempo, puede evaluar las propiedades de una fibra o un enlace completo, además puede detectar de forma muy rápida pérdida, fallas y la distancia entre sucesos (Moreano 2015).

La Universidad Tecnológica Israel no cuenta con un laboratorio especializado para hacer este tipo de medidas en enlaces ópticos. En busca de la mejora continua en cuanto al nivel de aprendizaje, la institución ha implementado laboratorios para diferentes asignaturas de la carrera de Ingeniería en electrónica Digital y Telecomunicaciones, pero no se ha hecho énfasis en la asignatura de Comunicaciones Ópticas.

En la averiguación de proyectos relacionados al tema de investigación se ha encontrado en el repositorio institucional de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil el proyecto para la obtención del título de ingeniería en telecomunicaciones por el Ing. Rafael Tómalá con el tema: “*Aplicaciones prácticas en el OTDR emulador para sistemas de comunicaciones ópticas*” (2014) de la ciudad de Guayaquil. En el cual se detallan el uso de un software de emulación para detectar posibles fallos en enlaces de fibra óptica, el cual se basa en técnicas de modelización matemática avanzada y de una pantalla grafica real.

En la biblioteca de la universidad de la Escuela Politécnica del Litoral, se encontró una tesis de grado para obtener el título de ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones desarrollado por el Ing. Johnny Delgado con el tema: “*Sistema de comunicación óptica DPSK con fibra óptica*” (2012), de la ciudad de Guayaquil. En el cual se describe la

elaboración de un sistema de comunicaciones mediante fibra óptica, con la técnica de mapeo DPSK, se varía la fase del pulso a transmitir ya que la modulación que se usa es por amplitud de pulso PAM.

Problema de investigación: presentación y justificación

La Universidad Tecnológica Israel comprometida con los estudiantes de la carrera de Ingeniería en Electrónica Digital y Telecomunicaciones, ha incrementado la materia de Comunicaciones Ópticas en la malla curricular, por lo tanto, es necesario fortalecer los conocimientos prácticos de los diferentes factores que afectan a un enlace óptico.

El desarrollo del presente proyecto tiene como finalidad la implementación de un módulo experimental de comunicaciones ópticas, el cual contará con un OTDR para la medición de falla en los enlaces ópticos, así también como diferentes tipos de prácticas de laboratorio cuidadosamente elaboradas en diferentes escenarios de aplicación para mejorar el desempeño de aprendizaje práctico de los estudiantes.

Objetivo general

Implementar un módulo experimental de laboratorio para la asignatura de Comunicaciones Ópticas que permita detectar los fallos en fibras ópticas monomodo mediante la reflectometría óptica en el dominio del tiempo a través de un OTDR para la Universidad Tecnológica Israel.

Objetivos específicos

- Establecer parámetros para la elaboración de prácticas de laboratorio, que servirá en la detección de fallas de enlaces ópticos con la ayuda del OTDR.
- Determinar requerimientos de equipamiento que contemplen calidad y bajo costo para la adecuada realización de las prácticas de laboratorio planteadas.

- Implementar el módulo experimental en el área asignada por la Universidad.
- Desarrollar prácticas de laboratorio para verificar principios teóricos recibidos en clases y comprobar de forma práctica las fallas que presentan los enlaces ópticos.
 - Prueba de reflectometría en conectorización tipo fusión
 - Prueba de reflectometría en conectorización tipo mecánica
 - Prueba de reflectometría en conectorización pre-ensamblado
- Verificar los resultados mediante un protocolo de pruebas de las diferentes prácticas diseñadas.

Alcance

El proyecto es la pauta para la instauración del espacio físico que será destinado para el laboratorio de Comunicaciones Ópticas en la Universidad Tecnológica Israel. El proyecto será implementado por tres estudiantes de la carrera y abarcarán los siguientes temas que serán desarrollados de forma independiente.

- Diseño e implementación del módulo físico
- Técnicas de empalmes
- Pruebas de potencia
- Pruebas de reflectometría óptica

Este proyecto abarcará el desarrollo de prácticas de medición de fallas en enlaces ópticos a través de la reflectometría con el OTDR, permitirá que los estudiantes adquieran el conocimiento necesario, mediante las diferentes prácticas diseñadas.

Finalmente se medirá los enlaces de fibra óptica instalados en el módulo y los diferentes factores asociados a fallas en una fibra óptica con el equipo OTDR”.

Cuando, se termine el presente proyecto de titulación se entregará:

- Modulo Experimental de laboratorio para Comunicaciones Ópticas con el equipamiento necesario.
- Tres formatos de prácticas de laboratorio debidamente justificada su aplicación.
 - Atenuación Reflectométrica en un enlace realizado con conectorización tipo fusión
 - Atenuación Reflectométrica en un enlace realizado con conectorización manual.
 - Atenuación Reflectométrica en un enlace realizado con conectorización tipo pre ensamblado
- Manual de usuario

CAPÍTULO 1

1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

1.1. Luz óptica.

La luz se puede definir como un fenómeno ondulatorio, la cual usa la teoría de radiación electromagnética para conocer sus diferentes parámetros, es así como se propaga como dos ondas vectoriales acopladas, una conocida como campo eléctrico y otra como campo magnético. Al ser considerada como radiación o energía electromagnética presenta diferentes características como son:

- Necesita de una fuente para ser irradiada
- Su velocidad de desplazamiento en el vacío es de $3E8$ m/s aproximadamente y disminuye bajo la dependencia de la densidad del medio que atraviese.
- Su dirección de propagación es en línea recta.
- El campo magnético, eléctrico y la dirección son perpendiculares ente sí como se muestra en la figura 1.1.

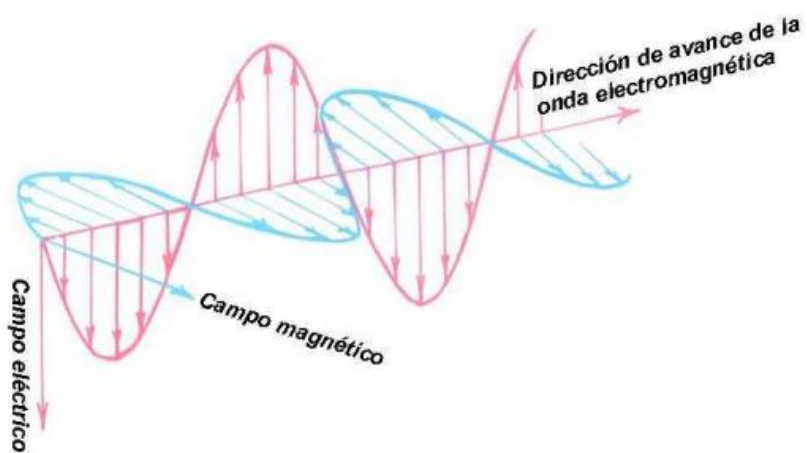


Figura 1.1 Radiación electromagnética de la luz

Fuente: (Vázquez, 2019)

1.2. Propiedades de la luz

Las propiedades más importantes de la luz en comunicaciones de tipo óptico son:

- Reflexión
- Refracción
- Ley de Snell

Reflexión. - Está se produce porque el haz de luz incidente choca sobre una superficie lisa y brillante, la cual hace que el haz se refleje en su totalidad con el mismo ángulo de incidencia como se nota en la figura 1.2

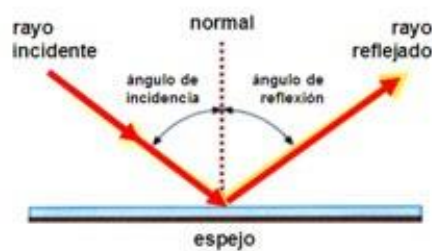


Figura 1.2 Reflexión de la luz

Fuente: (Escobar, 2019)

Refracción. – Se produce porque el haz de luz incide en un medio transparente con una densidad diferente al origen, experimenta un cambio de dirección el cual depende del ángulo de incidencia y del índice de refracción, de tal forma se tiene que a mayor ángulo de incidencia mayor refracción y a menor longitud de onda mayor refracción como se visualiza en la figura 1.3.

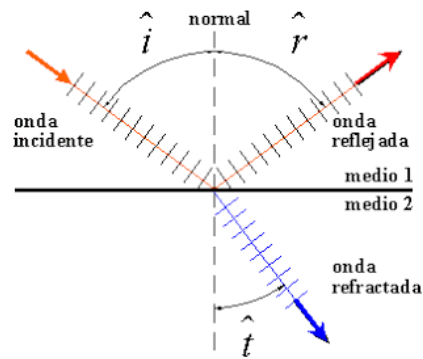


Figura 1.3 Refracción de la luz

Fuente: (Senior, 2009)

La luz posee diferentes propiedades y leyes que permiten estudiar su comportamiento en una fibra óptica, es así que la más importante se la conoce como la *Ley de Snell*.

Ley de Snell. – Se conoce como la relación existente entre los índices de refracción de diferentes medios y sus ángulos de refracción respectivamente, esto se muestra en la ecuación 1

$$\eta_1 \text{ Sen}\theta_1 = \eta_2 \text{ Sen}\theta_2 \quad \text{Ec. 1}$$

Donde:

n_1 = Índice de refracción del medio 1

n_2 = Índice de refracción del medio 2

θ_1 = Ángulo de incidencia

θ_2 = Ángulo de refracción

En la siguiente tabla 1.1, se muestra los valores típicos de los índices de refracción de algunos materiales.

Tabla 1.1 Índices de refracción de diferentes materiales

MATERIAL	ÍNDICE DE REAFRACCIÓN
Vacío	1.0
Aire	1.00003
Hielo	1.309
Vidrio Común	1.520

Diamante	2.417
Cuarzo fundido	1.460
Alcohol etílico	1.361
Alcohol metílico	1.329
Agua	1.333
Glicerina	1.473

Fuente: (Geronimo, 2019)

1.3. Fibra óptica

La fibra óptica es un medio guiado de transporte de señales ópticas con mayor uso en la actualidad, sus primeros usos se realizaron en enlaces de grandes centrales de conmutación, hasta la actualidad que se tiene enlaces de fibra hasta el hogar. (España, 2005)

La fibra óptica ha logrado destacarse por diferentes propiedades favorables como:

- Gran capacidad de transmisión
- Reducida atenuación de la señal óptica
- Inmunidad a interferencias electromagnéticas
- Cables de pequeño diámetro
- Bajo costo de producción.

Presenta diferentes propiedades para garantizar una buena transmisión de la señal óptica, las cuales se detallan a continuación:

Ángulo de aceptación. – Es el ángulo máximo de entrada con el cual puede ingresar un haz de luz que se forma respecto al eje del núcleo como se visualiza en la figura 1.4.

$$\text{Sen } \alpha = NA$$

Ec. 2

Donde:

NA= Apertura numérica

α = Ángulo de aceptación

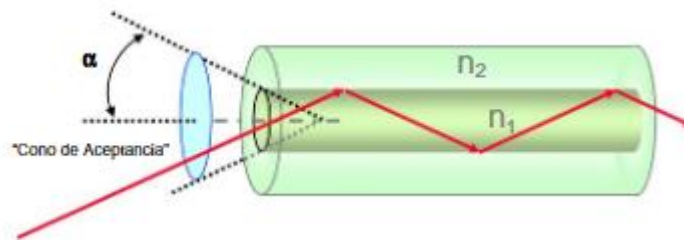


Figura 1.4 Ángulo de aceptación

Fuente: (Geronimo, 2019)

Apertura numérica. – Define la cantidad de la luz que una fibra puede aceptar y en consecuencia la energía que se transporta y corresponde al seno del ángulo de aceptación como se muestra a continuación en la ecuación 3:

$$NA = \sqrt{n_1^2 - n_2^2} \quad \text{Ec. 3}$$

Donde:

NA= Apertura numérica

n1= Índice de refracción del medio 1

n2= Índice de refracción del medio 2

1.3.1. Atenuación

Se considera la atenuación como un parámetro influyente en el cálculo del costo de un enlace de fibra, puesto que esta mide la pérdida de señal o potencia de la luz al propagarse por una fibra monomodo o multimodo, de tal manera se la suele definir en decibeles o en dB/km. En la tabla 1.2 se presentan los valores mínimo, promedio y máximo bajo la dependencia de la longitud de onda a la que opera.

Tabla 1.2 Atenuaciones de la fibra óptica

	<i>Atenuación dB/km – 1550nm</i>	<i>Atenuación dB/km – 1310nm</i>
<i>Mínimo</i>	0.17	0.3
<i>Promedio</i>	0.22	0.38
<i>Máximo</i>	0.4	0.5

Fuente: (Cisco, 2019)

Sin embargo, la atenuación total que sufre un cable de fibra óptica toma en consideración el número de conectores, los empalmes existentes en el recorrido de la fibra, la longitud total y un margen del sistema, este último pueden ser curvaturas de los cables, conexiones, atenuaciones impredecibles, este se considera 3dB, por lo tanto, se tiene la siguiente ecuación.4, para el cálculo de la atenuación total:

$$TA = n * C + c * J + L * a + M. \quad Ec. 4$$

Donde:

n= Numero de conectores

C= Atenuación de cada conector óptico

c= Número de empalmes

J= Atenuación de cada empalme

L= Longitud total de la fibra óptica

a= Atenuación de la fibra óptica

M= margen del sistema 3dB.

1.3.2. Ventanas de operación

Dentro del espectro electromagnético se tiene la parte visible, la cual es la que el ser humano puede visualizar, de tal forma esta región del espectro presenta características de transmisión adecuadas, es decir su atenuación es la menor, se puede apreciar en la figura 1.5 el rango de longitudes de onda pertenecientes a este tramo (España, 2005).

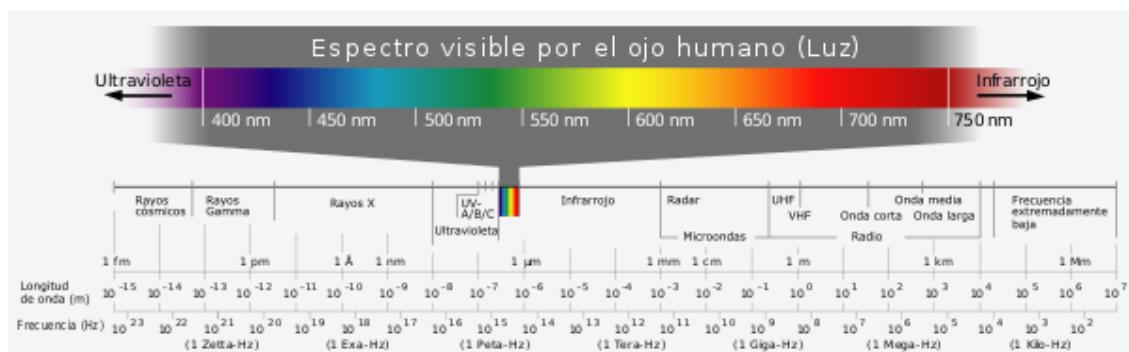


Figura 1.5 Espectro visible

Fuente: (Geronimo, 2019)

1.3.3. Bandas de Operación

Existen varias bandas de operación diferentes, las cuales presentan características exclusivas lo que las diferencia unas de otras, con forme se puede localizar a lo largo del espectro varían la atenuación característica, además de la descripción, esto se detalla en la tabla 1.3.

Tabla 1.3 Bandas de Operación

Bandas	Descripción	Rango (nm)	Atenuación (dB/km)
O	Original	1260 – 1310	0.35
E	Extendida	1360 – 1460	0.33
S	Corta	1460 – 1530	0.25
C	Convencional	1530 – 1565	0.19
L	Larga	1565 – 1625	0.21
U	Ultra Larga	1625 - 1675	0.23

Fuente: (Viera, 2018)

1.3.4. Longitud de Onda

La longitud de onda se define a la distancia entre dos crestas continuas en un determinado tiempo, de tal forma se puede medir la distancia que existe entre las crestas y así se determina el valor mediante el uso de la siguiente ecuación.5:

$$\lambda = \frac{2\pi}{k} \quad \text{Ec. 5}$$

Donde:

λ = Longitud de onda

k = Número de onda en radianes

María España en su libro Comunicaciones Ópticas, dice: “La radiación es cuasi monocromática (anchura espectral reducida, si se compara con los valores absolutos de la frecuencia), la longitud de onda proporcionada se refiere al valor central” (España, 2005).

1.3.5. Dispersión

La atenuación en un cable de fibra óptica no se da solo por el material con el cual está construida, sino también por las impurezas de dicho material y las imperfecciones microscópicas producidas al momento de su fabricación, este tipo de pérdida o atenuaciones se las conoce como dispersión.

La dispersión se produce al tener un haz incidente sobre, diferencias de densidad en el material, espacios huecos y configuraciones estructurales, lo que provoca que la energía disminuya en la dirección de propagación y cambie de dirección tanto el haz incidente como las componentes que se producen.

Existen 2 tipos de pérdidas por dispersión:

- Pérdidas por dispersión lineal. - estas pérdidas no dependen de la magnitud de la señal radiada, sino dependen de la longitud de onda de operación y las irregularidades del cable de fibra, es así como se tiene *dispersión de Rayleigh* si la longitud de onda es mucho mayor que las irregularidades y *dispersión de Mie* si la longitud de onda es comparable con dichas irregularidades.
- Pérdidas por dispersión no lineal. – en este tipo de pérdidas se considera la intensidad de la radiación o la potencia óptica del haz de luz incidente, de tal forma se tiene dos tipos de dispersión. La *dispersión de Brillouin* se la conoce como un tipo de modulación, puesto que la energía de la luz incidente se altera con la variación térmica del material, lo que produce energía vibratoria en el cristal, es decir dispersión en forma de fotones, en cuanto a la *dispersión de Raman* produce un fonón de alta frecuencia a diferencia del fonón de baja frecuencia en la dispersión de Brillouin, lo cual hace que predomine hacia adelante dicha dispersión, con lo cual no se afecta significativamente la potencia en el receptor, con la siguiente ecuación se puede calcular el umbral de potencia para que sea significativa dicha dispersión, se muestra en la ecuación 6.

$$P_R(W) = (23.6E - 2) * r^2 * \lambda * \alpha \quad \text{Ec. 6}$$

Donde:

$PR(w)$ = Potencia de dispersión de Raman

r = Radio de la fibra en μm

α = Factor de atenuación de la fibra (dB/km)

λ = Longitud de onda.

1.3.6. Dispersión Cromática

Cesar Gerónimo en su libro Fundamentos de Comunicaciones por Fibra Óptica menciona que “si se imagina un medio conductor de radiaciones electromagnéticas cuyo índice de refracción es n_r , se dice que este medio posee un comportamiento dispersivo al paso de la luz si:” (Geronimo, 2019).

$$\frac{\partial^2 n}{\partial \lambda^2} \neq 0 \quad \text{Ec. 7}$$

Donde:

n =Índice de refracción

λ =Longitud de onda

De tal forma si se analiza la relación anterior se nota que existen velocidades diferentes para cada longitud de onda que atraviesa la fibra óptica, esto hace referencia a una dispersión de los frentes de onda.

1.3.7. Dispersión modal de modo de polarización

Este tipo de dispersión es considerada en fibra óptica monomodo de tramos muy grandes de alrededor 50 km, en cambio en fibras multimodo presenta valores muy pequeños que no son significativos y que dependen del tipo de perfil de índice de refracción propio de la fibra y la geometría de esta. (Geronimo, 2019)

1.3.8. Micro y macro curvatura

Las pérdidas por macro curvaturas se dan porque el cable de fibra presenta variaciones en la trayectoria, lo que produce que se pierda la reflexión total interna, esto se debe a que el ángulo de incidencia es mayor al ángulo límite de la fibra, estos parámetros son detallados por el fabricante en las hojas de datos, en la figura 1.6 se muestra este fenómeno.

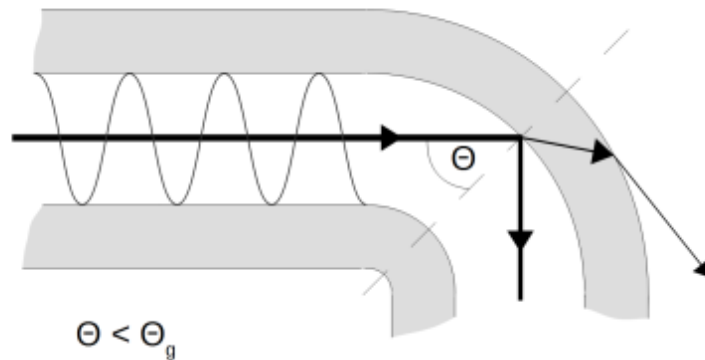


Figura 1.6 Pérdidas por macro curvatura

Fuente: (ShopDelta, 2019).

En cuanto a las pérdidas por micro curvatura, estas se producen por imperfecciones en la fabricación de la fibra, es así que la luz incidente se choca con estas irregularidades tanto en el límite entre el revestimiento y el núcleo como con iones contaminantes presentes en el material, en la figura 1.7 se aprecia claramente este fenómeno.

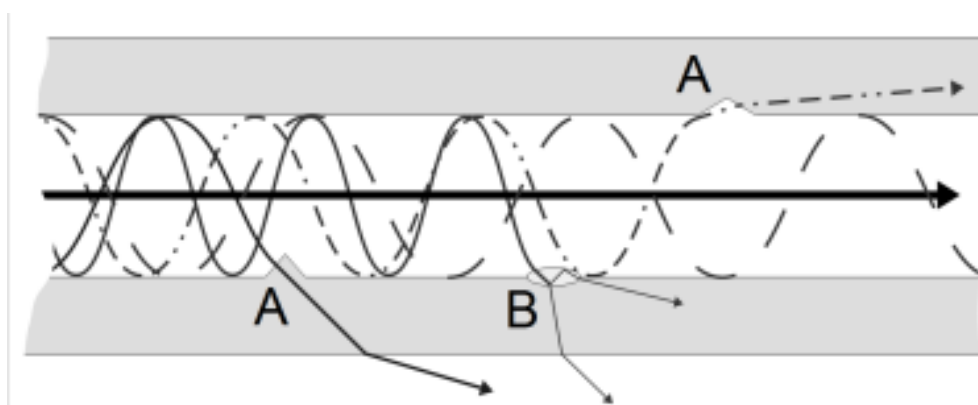


Figura 1.7 Pérdidas por micro curvatura

Fuente: (ShopDelta, 2019).

1.4. Tipos de fibras

La fibra óptica es un filamento muy delgado de vidrio o plástico, el cual conduce la luz y para tener una comunicación bidireccional se necesita de 2 filamentos, es así que dicho filamento posee un grosor aproximado de 0.1 mm, comercialmente “un cable de fibra óptica está compuesto por: núcleo, manto, recubrimiento, tensores y chaqueta”, como muestra la figura 1.8 (Gomez, 2019).

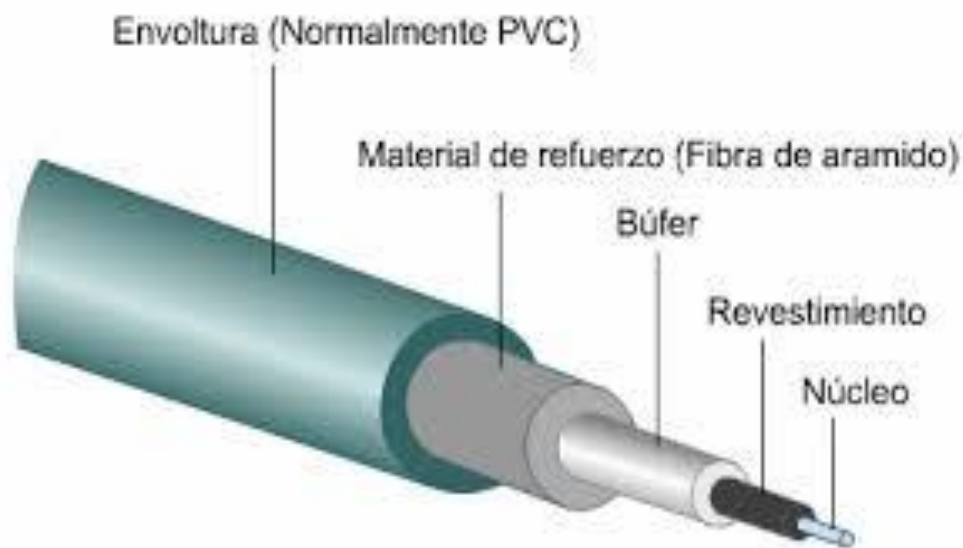


Figura 1.8 Componentes de la fibra óptica.

Fuente: (Raffino, 2019)

Se tiene dos tipos de fibra óptica, fibra monomodo y fibra multimodo, que presentan diferentes características y aplicaciones conforme se detalla a continuación.

1.4.1. Fibra multimodo

Las fibras multimodo (Multi Mode) son de dos tipos, que dependen del índice de refracción de la fibra, por lo tanto, se tiene fibras multimodo de índice fijo e índice gradual.

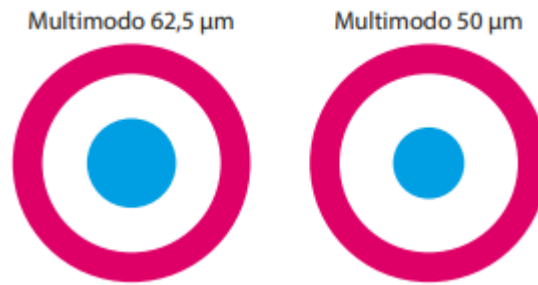


Figura 1.9 Fibra multimodo

Fuente: (Technical, 2019)

El número de modos que soporta la fibra óptica multimodo está en función de radio de su núcleo y la frecuencia de la señal óptica, de tal forma se tiene 2 tipos de fibra óptica multimodo, la fibra multimodo de índice gradual y de índice escalonado.

Para la fibra multimodo de índice gradual es utilizada para compensar las diferentes longitudes de trayectoria de los modos, esto se da por las variaciones en la composición del vidrio en el núcleo.

Estas fibras ofrecen más ancho de banda que la fibra de índice escalonado, como se muestra en la figura 1.10, el haz de luz realiza una curvatura suabe para tener reflexión total interna en el núcleo de la fibra.

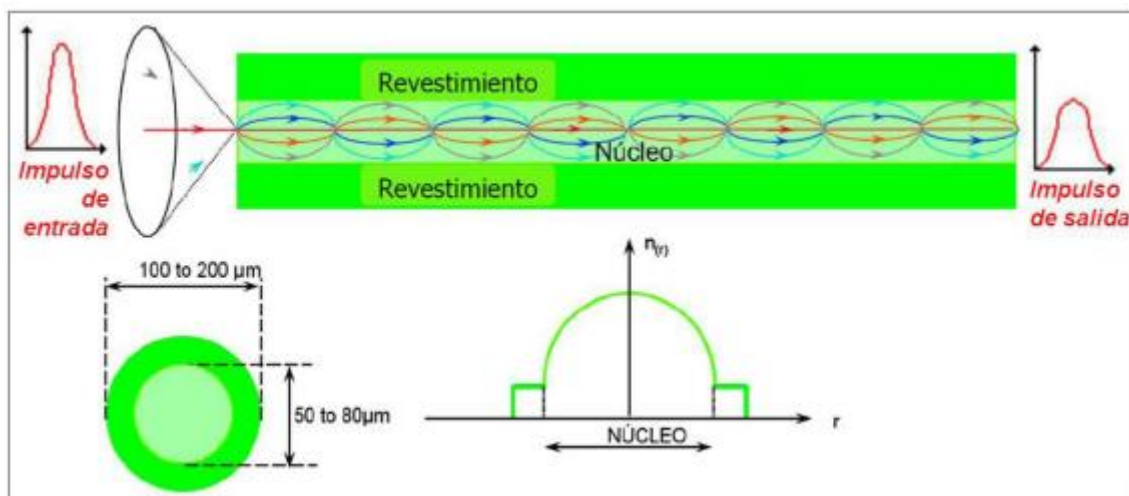


Figura 1.10 Fibra óptica multimodo de índice gradual

Fuente: (Viera, 2018)

En cuanto a la fibra óptica multimodo de índice escalonado se considera como el primer diseño de fibra óptica, por lo tanto, la propagación del haz de luz es muy lento, debido a la dispersión causada por las diferentes longitudes de trayectos de los distintos modos.

En la figura 1.11 se observa los diferentes modos que se propaga en este tipo de fibras, por lo cual su aplicación es muy limitada para comunicación de datos actualmente.

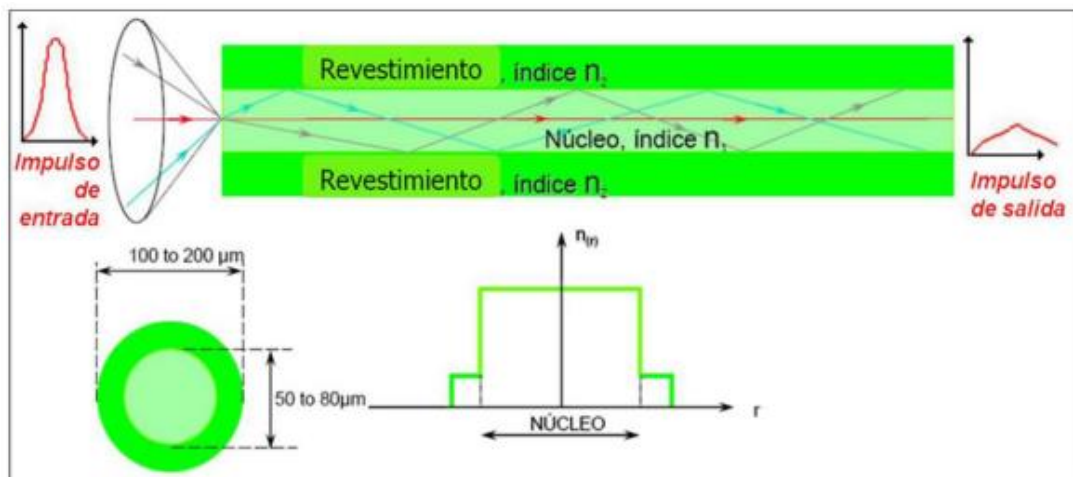


Figura 1.11 Fibra óptica multimodo de índice escalonado

Fuente: (Viera, 2018)

1.4.2. Fibra Monomodo

En la fibra Monomodo, el diámetro del núcleo es reducido de 8 a 10 μm , como se nota en la figura 1.12, es así como se propaga la luz en un solo modo de propagación, debido a las características tanto de ángulo de incidencia como la frecuencia normalizada, este haz rebota en las paredes por lo que viaja en sentido paralelo a la longitud del cable.



Figura 1.12 Fibra óptica monomodo

Fuente: (Tecnical, 2019)

Principalmente son usadas en enlaces de largas distancia y puede transportar señales de 10 a 40 Gbps o superiores, con la ayuda de la técnica de multiplexación por división de longitud de onda, el rendimiento es mayor respecto al ancho de banda.

1.5. Limitación por longitud de onda de corte

La longitud de onda de corte hace referencia a la longitud de onda que delimita el comportamiento de una fibra monomodo, a mayor longitud de onda se mantiene las características de la fibra monomodo, pero si es menor, esta se convierte en fibra multimodo, esta longitud de onda se puede calcular a partir del perfil del índice de refracción de la fibra (ITU-R, 2019).

En las fibras ópticas el comportamiento de monomodo a multimodo no se da de manera específica en la longitud de onda de corte, sino que se produce a lo largo de una gama de longitudes de onda de manera progresiva.

1.6. Frecuencia delimitadora o normalizada

La frecuencia normalizada o delimitadora, es quien define el comportamiento monomodo o multimodo de una fibra óptica, es así como a partir del valor de dicha frecuencia se puede obtener la longitud de onda de corte y viceversa, para verificar los diferentes valores se hace uso de la siguiente relación

$$\lambda_{corte} = (2\pi * r * \sqrt{(n_2^2 - n_1^2)})/V \quad \text{Ec.8}$$

Donde:

λ_{Corte} =Longitud de onda de corte

r=Radio de la fibra óptica

V=Frecuencia normalizada

1.7. Componentes de una fibra óptica

La fibra óptica se compone principalmente de tres partes: núcleo, recubrimiento y revestimiento, como se muestra en la figura 1.13.

- *Núcleo.* - Este compuesto por un cilindro de vidrio o sílice, ubicado en el centro de la fibra, por el cual viaja la señal de luz.
- *Recubrimiento.* - Este presenta un índice de refracción adecuado para asegurar que la luz en el interior del núcleo tenga refracción total interna.
- *Revestimiento.* - Es el material aislante que recubre la fibra óptica.

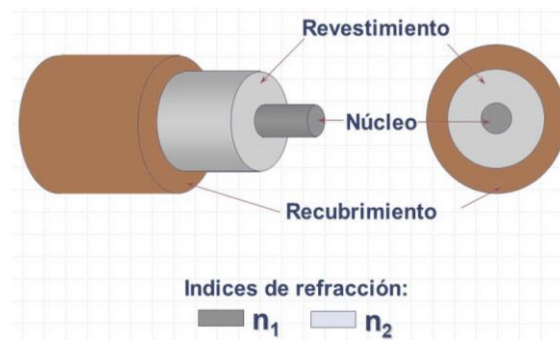


Figura 1.13 Estructura de la fibra óptica

Fuente: (Santa Cruz, 2019)

1.8. Fuentes de luz

Existen dos tipos principales de fuentes de luz, las cuales son convertidores electro-ópticos que deben cumplir con ciertos requisitos para un adecuado funcionamiento, entre los requisitos esenciales se tiene el tamaño y la configuración para un correcto acople de la luz con la fibra óptica, además de la relación proporcional entre la corriente inyectada y la potencia emitida, debe radiar luz en longitudes de onda apropiada para la fibra, presenta una baja anchura espectral entre otros.

Las fuentes emisoras de luz para fibras ópticas son:

- LED (Diodo Emisor de Luz)
- LD (Diodo Láser)

La fuente de luz LED basan su emisión en la espontaneidad, de tal forma se conocen como fuente incoherente, es así como los vacíos que se hallan en la banda de valencia se

mezclan con los electrones que están en la banda de conducción, y se produce la liberación de fotones, donde la energía depende de la separación entre dichas bandas.

La apertura numérica varía desde 0.9 a 0.2, aunque la apertura de 0.2 es muy pequeña, esta no es lo suficiente comparada con un láser, es así que la baja densidad de potencia reduce considerablemente la potencia que se puede acoplar a una fibra óptica de índice gradual y hace imposible el acople a una fibra óptica monomodo.

En la figura 1.14 se puede contemplar la anchura espectral de dos tipos de fuentes de luz LED, de tal forma se evidencia claramente que no puede existir un acoplamiento con una fibra óptica monomodo.

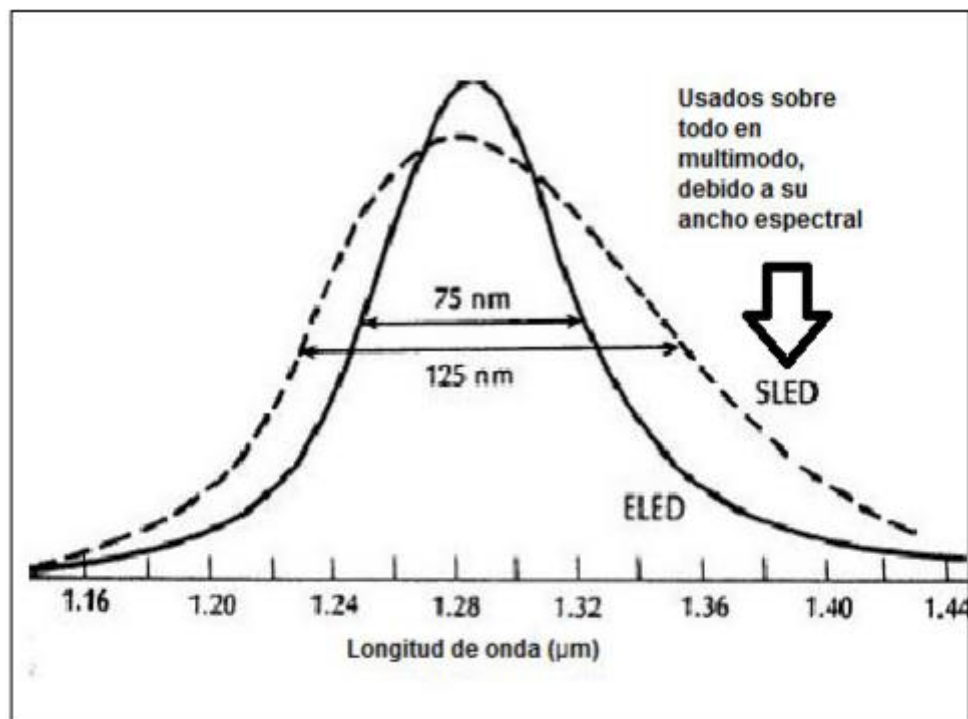


Figura 1.14 Anchura espectral fuente de luz LED

Fuente: (Viera, 2018)

En la fuente de luz LASER la generación de energía se da por recombinación de electrones y vacíos en la zona de bajo potencial, debido a esto y a que emiten luz de forma estimulada, transmiten mucha más energía que las fuentes LED.

1.9.2. Tubo suelto

Los cables de tubo suelto son más antiguos, fueron diseñados específicamente para entornos industriales, su principal característica es proteger el núcleo de fibra, de tal forma que en el revestimiento se usan tubos de protección semirrígidos, esto para darle mayor seguridad a la manipulación, es así que cada núcleo presenta un recubrimiento independiente en el caso de fibras multifilares, además contienen un gel resistente al agua que rodea las fibras, con la finalidad de protegerlas de la humedad, por lo que son ideales para ambientes de alta humedad que podrá causar problemas a las fibras. Los tubos rellenos de gel pueden expandirse y contraerse con los cambios de temperatura (Technical, 2019)

1.10. Estándares por la ITU

La UIT emite diferentes estándares para fibra óptica monomodo y multimodo, para motivo de estudio se detallan los estándares para fibra óptica monomodo:

G-652.- “Estándar de dispersión no desplazada, opera en la región de 1310 nm y 1550 nm, presenta cero de dispersión, adecuada para multiplexación por división de longitud de onda gruesa (CWDM), se adapta a redes de backbone para corregir la dispersión cromática por equipos de transmisión DWDM.” (Flores, 2019)

G-655.- “Conocida como fibra de dispersión desplazada no nula, trabaja en la región de 1550 nm, permite su operación sin equipos compensadores de dispersión.” (Flores, 2019)

G-657.- “Diseñada para redes de acceso, introduce dos categorías de fibras monomodo: la G-657-A y la G-657-B.” (Flores, 2019)

G-651.- “Recomendación para fibra óptica multimodo de índice gradual, en el cual dispone su funcionalidad en la banda de 850 nm y 1300 nm, además puede ser usada para transmisiones analógicas o digitales, el valor nominal del diámetro del núcleo es de 50 μm y de su revestimiento de 125 μm .” (Flores, 2019)

1.11. Elementos de un enlace de fibra óptica

La fibra óptica y en especial los enlaces de fibra están formados por elementos, los cuales se detallan a continuación:

1.11.1. Conectores

Los conectores se consideran como la parte más débil de un sistema de fibra óptica, puesto que puede perder señal en el enlace.

Todos los conectores están conformados por tres partes como son: Ferula, mecanismos de acoplamiento y cuerpo.

Los conectores, los cuales cumplen con los estándares de la TIA-FOCIS (Fiber Optic Connector Intermateability Standards), son los que en la actualidad se usan para el fácil acoplamiento entre diferentes fabricantes.

Los diferentes conectores más usados son: SC (Standard Connector), LC (Lucent Connector), ST (Straight Tip), FC (Ferrule Connector), MTRJ (Mechanical Transfer-Registered Jack) y MPO (Multi-Fiber Push-on), para motivo de estudio se detallan los siguientes conectores: (Rodríguez, 2019)

SC. - Presentan una pérdida por inserción promedio de 0.25 dB y soportan 1000 ciclos de conexión y desconexión, estos conectores alinean la fibra con precisión ya que presentan una férula de cerámica, actualmente son usados en sistemas de televisión por cable y telefonía, en la figura 1.16 se presenta el conector SC.



Figura 1.16 Conector SC

Fuente: (Rodríguez, 2019)

LC.- Se utiliza bastante en aplicaciones monomodo por que presenta un gran rendimiento y su terminado es sencillo, la perdida de inserción es de 0.1 dB, en la figura 1.17 se presenta el conector detallado.



Figura 1.17 Conector LC

Fuente: (Rodriguez, 2019)

FC. - Presenta una férula de cerámica de 2.5 mm, está disponible para fibras monomodo y multimodo, además que se usa en redes de alta velocidad, sus pérdidas por inserción son de 0.3 dB, el tipo de conector se puede notar en la figura 1.18.



Figura 1.18 Conector FC

Fuente: (Rodriguez, 2019)

MPO. – Conocido como conector de múltiples fibras, tiene la capacidad de conexión hasta de 24 hilos de fibra en una férula rectangular, son utilizados para redes de transmisión paralela de 40 y 100 Gbps, presentan perdidas por inserción de 0.25 dB, en la figura 1.19 se presenta este tipo de conectores.



Figura 1.19 Conector MPO

Fuente: (Rodriguez, 2019)

1.11.2. Tipos de pulido

Las férulas pueden tener pulidos diferentes, esto permite clasificar a los conectores como:

- **PC (Physical Contact):** Los conectores presenta un pulido en curvatura, lo que permite una conexión más precisa. La pérdida por retorno está entre -30 dB y -40 dB.
- **UPC (Ultra Physical Contact):** Presentan una curvatura más pronunciada que los conectores PC. Su pérdida por retorno es desde -40 dB a -55 dB, son usados para transmisión de TV y datos, el cual será usado en el presente proyecto como se nota en la figura 1.20.
- **APC (Angled Physical Contact):** Presentan un ángulo de 8° , esto permite conexiones más unidas, esto permite que tener pérdidas por retorno de -60db conforme los estándares de la industria lo requieren.

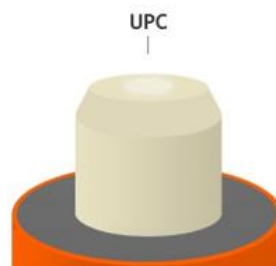


Figura 1.20 Pulido UPC

Fuente: (Senior, 2009)

1.12. Empalmes

Existen diferentes tipos de empalmes, entre los cuales se tiene:

- Empalmes por fusión
- Empalmes mecánicos

En los empalmes por fusión se hace uso de equipos especiales con los cuales se limpia, corta y une los filamentos de la fibra, de tal forma se sueldan dichos extremos al aplicar un arco eléctrico que produce alta temperatura para unirlos, es así que se tiene una atenuación de 0.1 dB, se considerará que dicha atenuación en un enlace corto es demasiado alta, en la figura 1.21 se aprecia cómo se puede fusionar la fibra óptica.

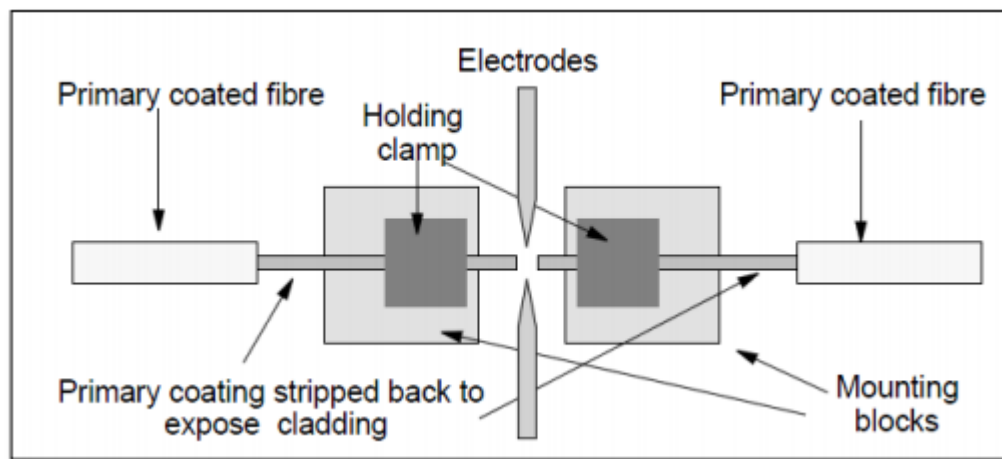


Figura 1.21 Fusión de fibra

Fuente: (López, 2013)

Para los empalmes mecánicos se hace uso de diferentes mecanismos prefabricados para alinear las puntas de la fibra adecuadamente, este tipo de empalmes no requiere de un equipamiento adicional, y suelen ser más económicos, pero al mismo tiempo producen atenuaciones mayores a la obtenida con la fusión, en la figura 1.22 se muestra un empalme mecánico para fibra óptica.



Figura 1.22 Empalme Mecánico

Fuente: (HENDEL, 2019)

1.13. Cálculo de enlace

Son cinco parámetros que se toma en cuenta en un enlace de fibra óptica, los cuales son: la potencia del transmisor, la sensibilidad del receptor, la atenuación por kilómetro del cable de fibra, los conectores utilizados y el número de empalmes realizados

De tal manera se tomará en cuenta los diferentes amplificadores y atenuadores que se encuentran en el sistema, esto con la finalidad de presentar un cálculo adecuado, este cálculo no será real, pero presenta valores aproximados con los cuales se puede realizar cambios y sobre todo se determina el tipo de elementos a ser utilizados.

En el cálculo de atenuación de enlace se estima dos métodos:

- Cálculo del cable de fibra óptica
- Cálculo del margen de enlace con cable de fibra óptica seleccionado

De tal manera se tiene la siguiente ecuación 9, que permite calcular la atenuación del cable:

$$At = L * a_L + n_e * a_e + n_c * a_c + L * a_r \quad \text{Ec. 9}$$

Donde:

L = longitud del cable en Km.

a_L = coeficiente de atenuación en dB/Km

n_e = número de empalmes

a_e = atenuación por empalme

n_c = número de conectores

a_c = atenuación por conector

a_r = reserva de atenuación en dB/Km (Ramirez & Delgado, 2019)

Es necesario también proyectar un margen de potencia igual a la máxima atenuación antes de un repetidor, se muestra en la ecuación 10.

$$P_M = P_t - P_u \quad \text{Ec. 10}$$

Donde:

P_M = Margen de potencia en dB (máxima atenuación permisible)

P_t = Potencia del transmisor en dB

P_u = Potencia de umbral en dB (dependiente de la sensibilidad de la recepción)

(España, 2005)

1.14. Instrumentos de medida

Existen diferentes instrumentos de medida para enlaces de fibra óptica, entre los cuales se destacan los siguiente:

- Medidores de potencia óptica
- Analizadores FTTx
- Fuentes de luz Láser
- Localizadores visuales de fallos
- OTDRs
- Analizadores de espectro óptico

1.14.1. OTDR

Un OTDR es un reflectómetro óptico en el dominio tiempo. Es un equipo que envía pulsos de luz, en la longitud de onda que se desee y posteriormente mide el tiempo que tarda en llegar una reflexión que se produce a lo largo de la fibra óptica. (López, 2013)

Los resultados se muestran en una pantalla donde se grafica el nivel de señal en función de la distancia, en base al promedio de las muestras obtenidas. El OTDR hace uso de dos cualidades de la fibra óptica:

- Dispersión de Rayleigh
- Reflexión de Fresnel.

Un OTDR comercial consta de los siguientes componentes como se listan a continuación:

- El generador de pulsos que alimenta al diodo láser y convierte señal eléctrica a luz.
- El acoplador separar la señal enviada de la señal regreso.
- El fotodiodo se alimenta de la señal que pasa por el acoplador, que convierte la señal óptica a eléctrica.
- Se convierte la señal analógica a digital.
- Y finalmente, el resultado es enviado a pantalla

En la figura 1.23 se presenta un diagrama de bloques de un OTDR genérico, en el cual “se utiliza un generador de pulsos activado por la unidad de procesamiento de señales para modular la intensidad de un láser. La señal de prueba convencional es un pulso cuadrado con duración de entre 5ns y 10 μ s que depende de la resolución espacial y la sensibilidad requerida para la medición. Está equipado con uno o dos láseres de diferentes longitudes de onda (típicamente de 1310 nm y 1550 nm) que combina en un solo haz mediante un acoplador para la multi canalización por división en longitud de onda” conforme lo indica Eduardo López en su proyecto de titulación (López, 2013).

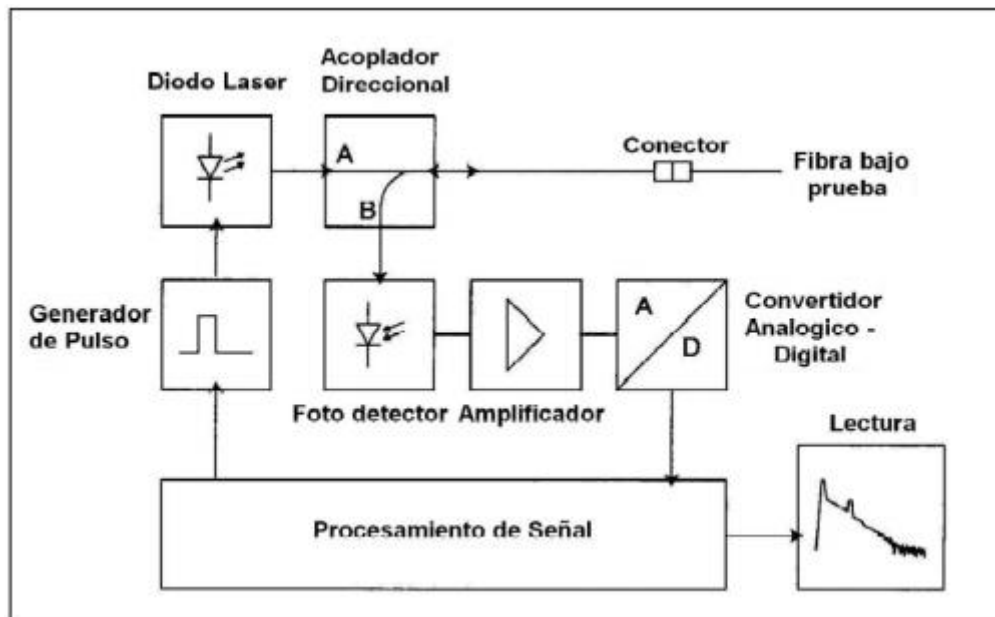


Figura 1.23 Diagrama de bloques de un OTDR genérico

Fuente: (López, 2013)

En la figura 1.24 se puede apreciar la gráfica que se obtiene en un OTDR, la cual muestra las diferentes atenuaciones que sufre la fibra a lo largo de su recorrido.

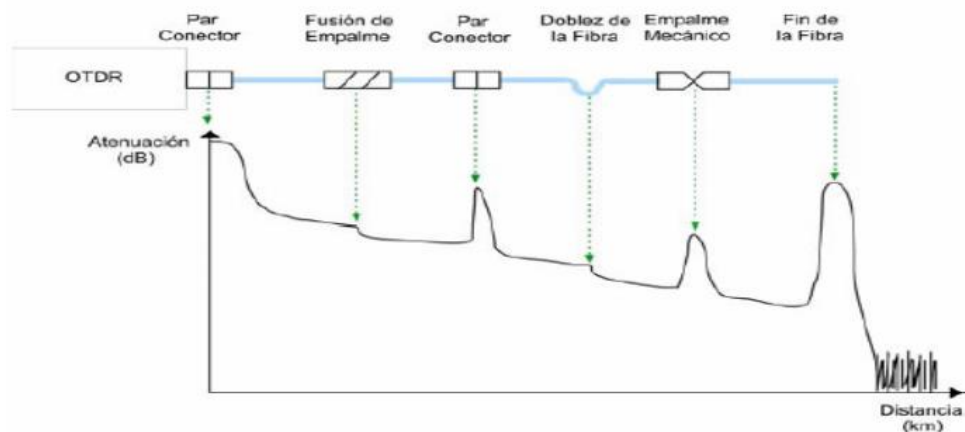


Figura 1.24 Grafica del OTDR

Fuente: (Viera, 2018)

1.14.2. OTDR propuesto

El modelo propuesto mostrado en la figura 1.25, permitirá a los estudiantes hacer un análisis detallado de la calidad de transmisión de un enlace de fibra óptica, determinar fallas,

perdidas en los conectores así también podrán determinara los niveles máximos permitidos de atenuaciones, entre otras funciones.

OTDR COT-3031 presenta un tamaño compacto y operación simple, consta de la función de almacenamiento de datos. Estos datos pueden analizarse con el software propietario de la marca (OTDR Traces Manager 300E). Con todos los datos e imágenes medidos por el OTDR se puede evaluar las características de todo el enlace óptico como pérdidas y la distribución de eventos de la fibra.



Figura 1.25 OTDR propuesto

Fuente: (HENTEL, 2019)

El equipo propuesto tiene las siguientes funciones básicas:

- a. Mide la longitud de una fibra óptica.
- b. Mide la distancia entre dos puntos en una fibra óptica.
- c. Determina la ubicación de fallas o roturas en una fibra óptica.
- d. Describe la traza de distribución de pérdidas de una fibra óptica.
- e. Mide el coeficiente de atenuación de la fibra óptica.
- f. Mide la pérdida entre dos puntos en una fibra óptica.
- g. Mide la pérdida de inserción de un conector en una fibra óptica.
- h. Mida la reflexión de un evento de reflexión en una fibra óptica.

Para un evento específico (los cambios en la transmisión óptica se caracterizan debido a empalmes, conectores o flexiones en un enlace óptico), el OTDR puede medir los siguientes elementos:

- a. Mide la distancia, la pérdida y el reflejo de un evento.
- b. Mide la longitud y la pérdida (dB o dB / km) de una sección óptica.
- c. Mide la longitud y la pérdida (dB) de todo el enlace óptico.

Incluye:

- a. Maleta de transporte
- b. Fuente de alimentación

1.14.3. Bobina de lanzamiento

Diseñado para contribuir en las pruebas de fibra óptica al utilizar un OTDR, de tal forma se puede configurar para diferentes ambientes de funcionamiento y diferentes longitudes de la fibra, ver figura 1.26.



Figura 1.26 Bobina de lanzamiento

Fuente: (HENTEL, 2019)

El equipo propuesto tiene las siguientes características:

- Conectores con pulido SC / UPC, SC / UPC
- Supresor de pulso, línea de retardo, capacitación, calibración, caja de lanzamiento, instalación / prueba
- La construcción no metálica, no conducirá electricidad.
- Resistente al agua y al polvo
- El estuche puede alojar hasta 2,000 metros de fibra
- Válvula de purga automática para cambios de altitud y temperatura.

CAPÍTULO 2

2. MARCO METODOLÓGICO

2.1. Modalidad de investigación

El proyecto de investigación se realizó en base al análisis cuantitativo, es decir se midió los niveles de potencia y los valores de las atenuaciones que afectan al enlace óptico, con la finalidad de contrastar los calculo realizados conforme a la estandarización de los elementos que intervienen y la parte práctica que es donde se enfocó este proyector de investigación.

Además, se hizo un análisis cualitativo, en cuanto al tipo de modulo a emplearse, el cual cuenta con la suficiente firmeza y el fácil acceso a los componentes con el fin de tener un espacio apropiado para realizar las practicas detalladas en los siguientes capítulos.

2.2. Investigación bibliográfica

Se hizo uso de las diferentes publicaciones bibliográficas, como, libros específicos de los últimos 5 años, que hablen del tema de estudio, como es las Comunicaciones Ópticas, además tesis de grado que fueron previamente realizadas por otros estudiantes, tanto de la universidad como de otras unidades educativas a nivel mundial. Finalmente se revisó artículos y páginas web debidamente justificadas con referencias bibliográficas válidas, para evitar usar información errónea y que confunda los conceptos conocidos hasta el momento.

2.3. Investigación de campo

Al ser una implementación, se consideró como investigación de campo, puesto que se realizó sobre un módulo de pruebas, el cual consta con la distribución adecuada para montar enlaces prototipo, donde se hizo las diferentes medidas que producen eventos sobre la señal óptica que será trasmitida.

2.4. Investigación explicativa

Este tipo de investigación se la llevó a cabo con el docente tutor, puesto que posee el conocimiento adecuado del tema y fue quien solventó las dudas del estudiante, es así que la explicación de los temas con falencias es de mucha ayuda para el desarrollo adecuado del presente proyecto.

CAPÍTULO 3

3. PROPUESTA

3.1. Definición del problema

EL problema que existe en la Universidad Tecnológica Israel, en la facultad de electrónica y específicamente en la materia de Comunicaciones Ópticas, es la falta de un módulo práctico para constatar los conceptos teóricos aprendidos en las aulas con enlaces reales de fibra óptica y los diferentes factores que afectan a la señal transmitida, como, la medición de parámetros mediante reflectometría óptica con el uso de un OTDR y la interpretación de las gráficas que este presenta, por lo tanto es necesario generar un grupo de prácticas acordes al módulo que se propone como solución para dicho problema.

En otras instituciones educativas existen desarrollos de módulos prácticos como proyectos de titulación, estos están direccionados o apuntan al uso de diferente software como Optifiber, OTDR Emulator, Matlab, etc. Es preciso indicar que el software indicados usan licenciamiento.

El módulo práctico planteado puede acoplarse a varios escenarios de prácticas reales, donde se podría ejecutar laboratorios de redes WDM y GPON. Para realizar las medidas de los diferentes efectos que presenta la luz dentro de una fibra óptica se propone el uso de un OTDR, con el cual se analizará cada evento presentado por dicho equipo, así los estudiantes tendrán la capacidad de diferenciar entre pérdidas por conectores, empalmes, fusión o parámetros propios de la fibra.

3.2. Desarrollo objetivo específico

Los parámetros que se debe establecer para el desarrollo de las prácticas de laboratorio para medición de enlaces ópticos de reflectometría se detallan en los siguientes apartados:

- Los estudiantes deben tener conocimiento básico del funcionamiento y configuración del equipo OTDR, que se describen a continuación.

- Manejo del equipo OTDR
 - Encendido
 - Reconocimiento de funciones del equipo
 - Configuraciones básicas del equipo OTDR
 - Rango de la distancia a realizar la prueba
 - Ancho de pulso
 - Tiempo de duración de la prueba
 - Determina la ventana de operación de la prueba
 - Modo de medición (tiempo real o ajuste de tiempo)
 - Unidad de longitud (metros o kilómetros)
 - Tasa de reflexión (dato proporcionado por el fabricante de la fibra)
-
- Tener la destreza para el uso de patch cords de conexión de acuerdo con la interfaz del OTDR y bobina de lanzamiento hacia el módulo práctico.
 - Grabar las pruebas realizadas

3.3. Módulo de prácticas

En el módulo propuesto se ha tomado en cuenta algunos elementos muy importantes para la ejecución de las prácticas propuestas, como son: varios tipos de empalmes y conectorización de fibra, transmisión de luz a través de fibra, medidas de potencia óptica y pruebas de reflectometría óptica.

En la figura 3.1 se muestra el pre-diseño donde se identifican las distintas fases que componen el módulo experimental de Comunicaciones Ópticas, esto permite identificar y visualizar más cercana a la realidad, antes de ser implementado.

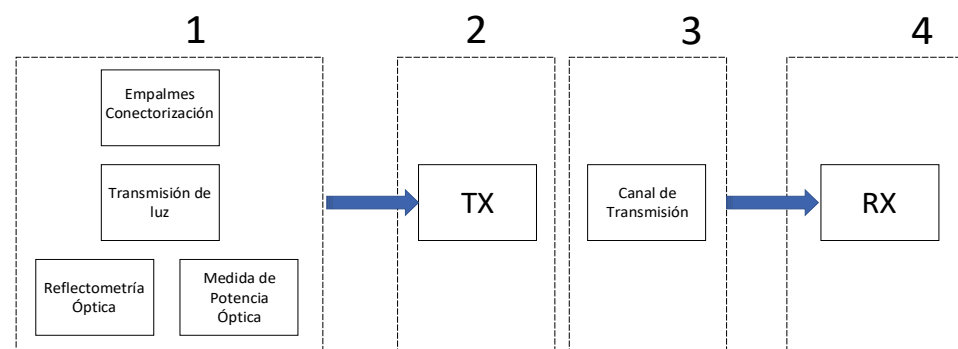


Figura 3.1 Módulo de Fibra Óptica

Fuente: Autor

A continuación, se describen las fases y características técnicas más relevantes para la implementación del módulo experimental de Comunicaciones Ópticas.

Módulo Fase 1

Empalmes conectorización. - Partes y piezas necesarias para realizar los diferentes tipos de conectorización y fusión de conectores, pigtailes y fibra óptica, como se indica en la tabla 3.1.

Tabla 3.1 Equipos y herramientas módulo empalmes

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	MARCA	MODELO
1	Fusionadora de fibra óptica	EasySplicer	SBFS1
1	Cortadora de precisión (Cleaver)	EasySplicer	1504826
1	Peladora de fibra óptica (Stripper)	EasySplicer	CFS-3
1	Tijera de kevlar	Connection	CKS-9011

Fuente: Autor

Transmisión de luz. - Esta etapa consta de un localizador visual de fallas de fibra óptica (VLF), es un láser que se utiliza para instalación, búsqueda de fallas, verificación de continuidad, verificación de polaridad, verificación de una ruta de señal e identificación de una fibra, a través de patch cords o cordones de fibra para las conexiones, se indica en la tabla 3.2.

Tabla 3.2 Equipo y materiales fase transmisión de luz

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	MARCA	MODELO
1	Localizador visual de fallas 1mW 1-5Km	Connection	CVF-2200
1	Patch cord F.O. FC/UPC-SC/UPC	Connection	CFO-3103
1	Patch cord F.O. LC/UPC-SC/UPC	Connection	CFO-5403

Fuente: Autor

Reflectometría. - Está fase consta de dos equipos, como se muestra en la tabla 3,3:

- OTDR, Reflectómetro Óptico en el Dominio del Tiempo
- Bobina de lanzamiento, dispositivo pasivo para realizar pruebas de fibra óptica.

Para estas pruebas se utilizan patch cord de fibra óptica con diferente terminación en conector de acuerdo con la necesidad.

Tabla 3.3 Equipo y materiales fase reflectometría óptica

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	MARCA	MODELO
1	OTDR SM Touch Screen	Connection	COT-3031
1	Bobina de lanzamiento SM SC/UPC	Connection	COT-5020

Fuente: Autor

Medida de potencia óptica. - Para esta fase se necesita de dos equipos: un emisor (fuente de luz) y un receptor (power meter). Los dos equipos obtienen medidas de potencia óptica, adicional dos splitter ópticos 1:2 y 1:8, para el análisis y pruebas del rendimiento de la señal sobre un enlace óptico, con los patch cord de fibra óptica para las conexiones, como indica la tabla 3.4.

Tabla 3.4 Equipo y materiales fase medida de potencia óptica

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	MARCA	MODELO
1	Power meter M100B	Connection	CPM-1002
1	Fuente de luz láser SM S125A	Connection	CLS-1251
1	Splitter F.O. SM 1x2 SC/UPC	Connection	CSP-0002
1	Splitter F.O. SM 1x8 SC/UPC	Connection	CSP-0008
2	Patch cord F.O. SC/UPC-SC/UPC	Connection	CFO-7303
2	Patch cord F.O. LC/UPC-LC/UPC	Connection	CFO-4403
1	Patch cord F.O. LC/UPC-SC/UPC	Connection	CFO-5403

Fuente: Autor

Módulo Fase 2

TX. - En esta fase de transmisión se refiere desde donde se envía la luz, se compone por un distribuidor de fibra óptica (ODF), placas adaptadoras más adaptadores, pigtail y diferentes conectores, con terminaciones en SC/UPC y LC/UPC. Para TX y RX se utiliza el mismo ODF.

Incluye dos rosetas de interconexión que servirán para realizar las mediciones con el OTDR, la primera con interfaz SC/UPC-SC/UPC y la segunda con interfaz SC/UPC-LC/UPC.

Tabla 3.5 Materiales fase TX

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	MARCA	MODELO
1	Distribuidor de fibra óptica (ODF)	Connection	CFB-1224
8	Adaptador SC/UPC	Connection	CFO-3023
4	Pigtail SM SC/UPC	Connection	CPG-1101
1	Conector mecánico SM SC/UPC	Connection	CFO-4016
1	Conector manual SM SC/UPC	Connection	CFO-3005
4	Adaptador LC/UPC	Connection	CFO-5024
4	Pigtail SM LC/UPC	Connection	CPG-0915
6	Manguitos termocontraíbles	Connection	CMP-0160
2	Roseta fibra óptica 2H	Connection	CMP-0160

Fuente: Autor

Módulo Fase 3

Canal de transmisión. - Es el medio por el cual son transmitidos los datos contenidos en una señal desde un punto a otro. Esta fase está compuesta por una fibra óptica de 2 hilos monomodo, manga de empalmes, caja de distribución de fibra, empalmes mecánico y fusión. Y consta de dos reservas de fibra óptica en tipo figura 8 y bobina, como se indica en la tabla 3.6.

Tabla 3.6 Materiales fase canal de transmisión

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	MARCA	MODELO
30	Fibra óptica 2H SM G652D	Connection	CFO-1002
1	Manga de empalme tipo domo	Connection	CME-0112
1	Caja de distribución de fibra (FDF)	Connection	CFB-8004
6	Empalme mecánico	Connection	CFO-5015
6	Manguitos termo contraíbles	Connection	CMP-0160

Fuente: Autor

Módulo Fase 4

RX. – La fase de Recepción corresponde al extremo receptor de datos en el ODF, está compuesta por, adaptadores o acopladores, pigtail y conectores, con terminaciones o pulido en SC/UPC y LC/UPC, como se muestra en la tabla 3.7.

Tabla 3.7 Materiales fase canal de transmisión

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	MARCA	MODELO
1	Distribuidor de fibra óptica (ODF)	Connection	CFB-1224
6	Adaptador SC/UPC	Connection	CFO-3023
2	Pigtail SM SC/UPC	Connection	CPG-1101
1	Conector mecánico SM SC/UPC	Connection	CFO-4016
1	Conector manual SM SC/UPC	Connection	CFO-3005
4	Adaptador LC/UPC	Connection	CFO-5024
4	Pigtail SM LC/UPC	Connection	CPG-0915
5	Manguitos termocontraíbles	Connection	CMP-0160
1	Roseta fibra óptica 2H	Connection	CMP-0160

Fuente: Autor

3.4. Elementos del módulo

El módulo estará formado con diferentes enlaces de fibra óptica, conectores necesarios, tramos conectados por fusión, conexiones mecánicas, entre otros.

Principalmente contará con el equipamiento detallado a continuación.

- ODTR
- Bobina de lanzamiento

3.5. Materiales consumibles

Para la instalación y sujeción de los diferentes elementos pasivos que son parte del módulo, se utilizó algunos materiales de anclaje, canalización, etiquetación, entre otros. Dichos materiales y accesorios como se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 3.8 Materiales consumibles

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	MARCA	MODELO
100	Amarras 15cm Blanca	Connection	CTB-5415
100	Amarras 25cm Blanca	Connection	CTB-5425
100	Amarras 30cm Blanca	Connection	CTB-5430
100	Plaquetas adhesivas Blanca	Dexson	DXN3200N
1	Cinta 3/4" Vinyl Blanco	Brady	M21750595WT
9	Cinta Velcro 3/8" Negro	Quest	NVT-3801
10	Espiral 1/2" Negro	Dexson	DXN3403N
5	Manguera corrugada 1/2 Negro		

Fuente: Autor

3.6. Aspectos técnicos

El módulo experimental estará formado por un armazón metálico y los elementos necesarios cuyas características son para fibra de tipo monomodo (SM), con lo que se realizará las pruebas y prácticas propuestas.

- Los enlaces instalados de fibra en el módulo práctico están configurados con cable óptico tipo monomodo G.652D.
- Un ODF panel fibra de 24 puertos que servirá como distribuidor.
- Contará con tres rosetas ópticas, dos con conexión de puertos SC-LC y una SC-SC, para cambio de interfaz.
- Una manga de empalmes tipo domo.
- Una caja de distribución de fibra (FDF), donde se alojarán los empalmes mecánicos.
- Se instalará dos splitter ópticos, para análisis de potencia.
- Se instalará tres canalizaciones que servirá como medios de conducción, dos se

utilizarán para realizar los enlaces y prácticas propuestas, y una como reserva.

- El módulo práctico estará formado de diferentes equipos y herramientas como: fusionadora, power meter, fuente de luz, OTDR, bobina de lanzamiento, VFL, entre otros.

Respecto a la estructura y acabados del módulo metálico como hardware.

- Estará formado de una estructura metálica, dimensionada para soportar el peso de los equipos y los elementos que estarán distribuidos adecuadamente.
- Contará con un soporte tipo mesón donde se colocará los distintos elementos para realizar las prácticas de laboratorio.
- El módulo estará provisto de tres cajoneras de metal, las mismas que servirán para el acopio de materiales y equipos.

3.7. Hardware y Software utilizado

OptiSystem. – Es un potente software de diseño que permite planificar y simular diferentes tipos de enlaces de fibra óptica, se puede variar la longitud de este, la inserción de atenuadores para simular empalmes y pérdidas propias de la fibra óptica.

Con las simulaciones de los enlaces propuestos en el módulo práctico se podrá llegar a una verificación técnica de las pruebas reales y simuladas, pero solamente se verificará los niveles de atenuación que presentan cada uno de los eventos detectados por el OTDR, ya que la versión utilizada no cuenta con un módulo para simular un OTDR, este mismo se encuentra habilitado en la versión 16, la cual es licenciada y su costo es muy elevado para temas de comprobación de funcionamiento.

AutoCad. – Es un software de diseño para dibujos en 2D y 3D, en AutoCad se realiza el diseño y planificación en diferentes vistas para la construcción del módulo práctico.

Traces Manager 300E. – Es Software de terminal de PC, los archivos generados por el OTDR pueden ser gestionados por el usuario. El Software ayudará a visualizar y analizar

las pruebas realizadas a los enlaces instalados en el módulo de una forma más amplia y profunda.

Fusionadora EasySplicer. – Es un equipo con el que se puede realizar las conexiones entre fibras o pigtails. Está elaborada con estándares y normas de la más alta calidad, con una pérdida baja por fusión.

VLF. – Posee una longitud de onda de 650 nm, funciona a una temperatura de -10 °C a 50 °C con una potencia de salida de 1 mW.

Power Meter CPM-100. – El equipo tiene como característica principal medir potencia óptica, posee características como cambio automático de la longitud de onda y luz de fondo inteligente.

Fuente de luz CLS-1251. – Proporciona de 1 a 4 salidas de longitud de onda, que va desde 650 nm a 1550 nm.

3.8. Factibilidad de la propuesta

El proyecto tendrá un presupuesto definido tanto en equipos para las pruebas y los materiales que se utilizarán, es necesario solicitar tres cotizaciones a proveedores dedicados a la distribución de este tipo de equipos para proyectos en telecomunicaciones, los cuales son detallados a continuación y se tendrá como archivos adjuntos:

- Hentel Yáñez Ávalos Cía. Ltda.
- Greendc S.A
- Plamiredes Cía. Ltda.

Se detalla en la siguiente tabla los materiales necesarios que se utilizarán en el módulo del proveedor Hentel Yáñez Ávalos Cía. Ltda. se muestra en la tabla 3.9.

Tabla 3.9 Oferta económica Proveedor Hentel

PROVEEDOR HENTEL					
UNIDAD	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	MARCA	COSTO	COSTO TOTAL
U	8	Adaptador LC/UPC	Connection	\$ 1,73	\$ 13,84
U	14	Adaptador SC/UPC	Connection	\$ 0,48	\$ 6,72
U	100	Amarras 15cm Blanca	Connection	\$ 0,02	\$ 2,00
U	100	Amarras 25cm Blanca	Connection	\$ 0,03	\$ 3,00
U	100	Amarras 30cm Blanca	Connection	\$ 0,04	\$ 4,00
U	1	Caja de distribución de fibra (FDF)	Connection	\$ 11,85	\$ 11,85
U	1	Cinta 3/4" Vinyl Blanco	Brady	\$ 30,69	\$ 30,69
m	9	Cinta Velcro 3/8" Negro	Quest	\$ 1,53	\$ 13,77
U	2	Conector manual SM SC/UPC	Connection	\$ 0,69	\$ 1,38
U	2	Conector mecánico SM SC/UPC	Connection	\$ 1,24	\$ 2,48
U	1	Distribuidor de fibra óptica (ODF)	Connection	\$ 48,88	\$ 48,88
U	6	Empalme mecánico	Connection	\$ 2,01	\$ 12,06
m	10	Espiral 1/2" Negro	Dexson	\$ 0,43	\$ 4,30
m	210	Fibra óptica 2H SM G652D	Connection	\$ 0,20	\$ 42,00
m	5	Guía plástica		\$ 0,30	\$ 1,50
U	1	Manga de empalme tipo domo	Connection	\$ 30,77	\$ 30,77
m	5	Manguera corrugada 1/2 Negro		\$ 0,25	\$ 1,25
U	100	Manguitos termo contraíbles	Connection	\$ 0,12	\$ 12,00
U	2	Patch cord F.O. FC/UPC-SC/UPC	Connection	\$ 3,25	\$ 6,50
U	3	Patch cord F.O. LC/UPC-LC/UPC	Connection	\$ 4,41	\$ 13,23
U	2	Patch cord F.O. LC/UPC-SC/UPC	Connection	\$ 3,25	\$ 6,50
U	2	Patch cord F.O. SC/UPC-SC/UPC	Connection	\$ 2,57	\$ 5,14
U	8	Pigtail SM LC/UPC	Connection	\$ 1,61	\$ 12,88
U	6	Pigtail SM SC/UPC	Connection	\$ 1,84	\$ 11,04

U	100	Plaquetas adhesivas Blanca	Dexson	\$ 0,32	\$ 32,00
U	3	Roseta fibra óptica 2H	Connection	\$ 1,33	\$ 3,99
U	1	Splitter F.O. SM 1x2 SC/UPC	Connection	\$ 8,69	\$ 8,69
U	1	Splitter F.O. SM 1x8 SC/UPC	Connection	\$ 14,05	\$ 14,05
SUBTOTAL					\$ 356,51
IVA 12%					\$ 42,78
TOTAL					\$ 399,29
INVERSIÓN INDIVIDUAL					\$ 133,096

Fuente: Hentel Yáñez Ávalos Cía. Ltda

A continuación, se detalla la cotización de los equipos para las pruebas de los enlaces instalados en el módulo práctico del proveedor Hentel Yáñez Avalos Cía. Ltda.

Tabla 3.10 Oferta económica Proveedor Hentel

PROVEEDOR HENTEL						
CANTIDAD	UNIDAD	DESCRIPCIÓN	MARCA	MODELO	COSTO	COSTO TOTAL
1	U	KIT OTDR TR303A SM 30/28DB TR303A	Connection	COT-3031	\$ 932,00	\$ 932,00
1	U	BOBINA DE LANZAMIENTO 1KM SC/UPC SM	Connection	COT-5020	\$ 178,25	\$ 889,00
SUBTOTAL					\$ 1.821,00	
IVA 12%					\$ 218,52	
TOTAL					\$ 2.039,52	
INVERSIÓN INDIVIDUAL					\$ 679,84	

Fuente: Hentel Yáñez Ávalos Cía. Ltda

Se evalúa las ofertas de los proveedores en costos, garantía técnica y calidad tanto en los materiales como en equipos de pruebas. Los mismos que cumplirán a cabalidad con los objetivos del proyecto de investigación y presupuesto planteado inicialmente. El proveedor elegido es la empresa Hentel Yáñez Avalos Cía. Ltda.

A continuación, se muestra en la tabla 3.11 el costo de construcción del módulo físico metálico. Incluye materiales y mano de obra.

Tabla 3.11 Costo construcción módulo físico metálico

CANTIDAD	UNIDAD	DESCRIPCIÓN	MARCA	COSTO	COSTO TOTAL
1	U	Construcción modulo metálico en tol microperforado. Incluye: Materiales y mano de obra	N/A	\$ 330,00	\$ 330,00
				SUBTOTAL	\$ 330,00
				IVA 12%	\$ 0,00
				TOTAL	\$ 330,00
				INVERSIÓN INDIVIDUAL	\$ 110,00

Fuente: Hentel Yáñez Ávalos Cía. Ltda

En la tabla 3.12 se detallan el costo adicional que se necesitan para la implementación del módulo práctico como costos de alimentación, movilización, servicios básicos y también un rubro de imprevistos.

Tabla 3.12 Costos adicionales del proyecto

CANTIDAD	UNIDAD	DESCRIPCIÓN	MARCA	COSTO	COSTO TOTAL
1	U	Alimentación durante la implementación del módulo	N/A	\$ 30,00	\$ 30,00
1	U	Servicios Básicos	N/A	\$ 50,00	\$ 50,00
1	U	Movilización	N/A	\$ 30,00	\$ 30,00
1	U	Imprevistos	N/A	\$ 50,00	\$ 150,00
				SUBTOTAL	\$ 260,00
				IVA 12%	-
				TOTAL	\$ 260,00
				INVERSIÓN INDIVIDUAL	\$ 86,66

Fuente: Autor

En la tabla 3.13, se detalla el resumen del porcentaje de los costos para la construcción del módulo práctico de comunicaciones ópticas, se refirió a la parte de reflectometría óptica con el OTDR propuesto.

Tabla 3.13 Presupuesto resumen construcción módulo experimental

CANTIDAD	UNIDAD	DESCRIPCIÓN	MARCA	COSTO	COSTO TOTAL
1	U	Materiales del módulo	N/A	\$133,096	\$133,096
1	U	Equipo OTDR	N/A	\$679,84	\$679,84
1	U	Construcción del módulo	N/A	\$110,00	\$110,00
1	U	Costos adicionales	N/A	\$86,66	\$86,66
				SUBTOTAL + 12%	\$812,93
				SUBTOTAL 0%	\$199,66
				TOTAL	\$1012,59

Fuente: Autor

Con un presupuesto de \$ 2600.00 dólares americanos, se pretende adquirir los materiales, herramientas, equipos, construcción y costos adicionales del módulo práctico.

El porcentaje del costo total de la implementación y equipos de pruebas del proyecto se muestra en la tabla 3.13.

No se considera una utilidad o concepto de ganancia la elaboración del módulo ya que se trata de un proyecto de investigación para adquirir el título de ingeniería.

El módulo práctico con todos los elementos se puede implementar en otras instituciones de educación superior o también en empresas que su giro de negocio sea la implementación de proyectos de fibra óptica, el costo oscilara en un promedio de 4100 dólares más impuestos de ley.

3.9. Descripción de capítulos

Con la finalidad de presentar un tiempo aproximado del diseño, elaboración y montaje del módulo, en la figura 3.2, se presentó el diagrama de Gantt, donde se detalla las actividades que se realizaron, conforme los requerimientos para concluir adecuadamente dicho proyecto.

El proyecto propuesto tuvo la duración de 3,5 meses aproximadamente y se dividió en 5 etapas que se describen a continuación:

Plan de Tesis. – En esta fase se propuso el proyecto a implementar, los objetivos generales y específicos, la metodología que se usó para este proyecto, alcance, cronograma de actividades y recursos.

Capítulo 1.- En este tiempo se recopiló toda la información en fuentes bibliográficas confiables, como libros, folletos, internet, en proyectos similares propuesto y se respaldó con su respectiva descripción bibliográfica. Caso seguido se revisó todas las fuentes para citarlas de ser el caso.

Capítulo 2.- Con el tutor metodológico asignado por la universidad se definió la metodología que se utilizó en todo el proyecto, con esto se pudo detallar todas las etapas y herramientas necesarias para concluir satisfactoriamente con el proyecto.

Capítulo 3.- En esta etapa se hizo el diseño del módulo práctico con la ayuda de herramientas como software de diseño, se realizó un análisis de tiempos y costos de proveedores y se definió que los valores estén dentro del presupuesto inicial.

Capítulo 4.- Con el diseño del módulo práctico se procedió a la implementación y construcción de todo el módulo propuesto. Una vez construido se efectuó el montaje de todos los elementos y la modelación de las prácticas, pruebas de funcionamiento, análisis de resultados.

Con todas las tareas implementadas correctamente, se pudo llegar a las conclusiones y recomendaciones del proyecto.

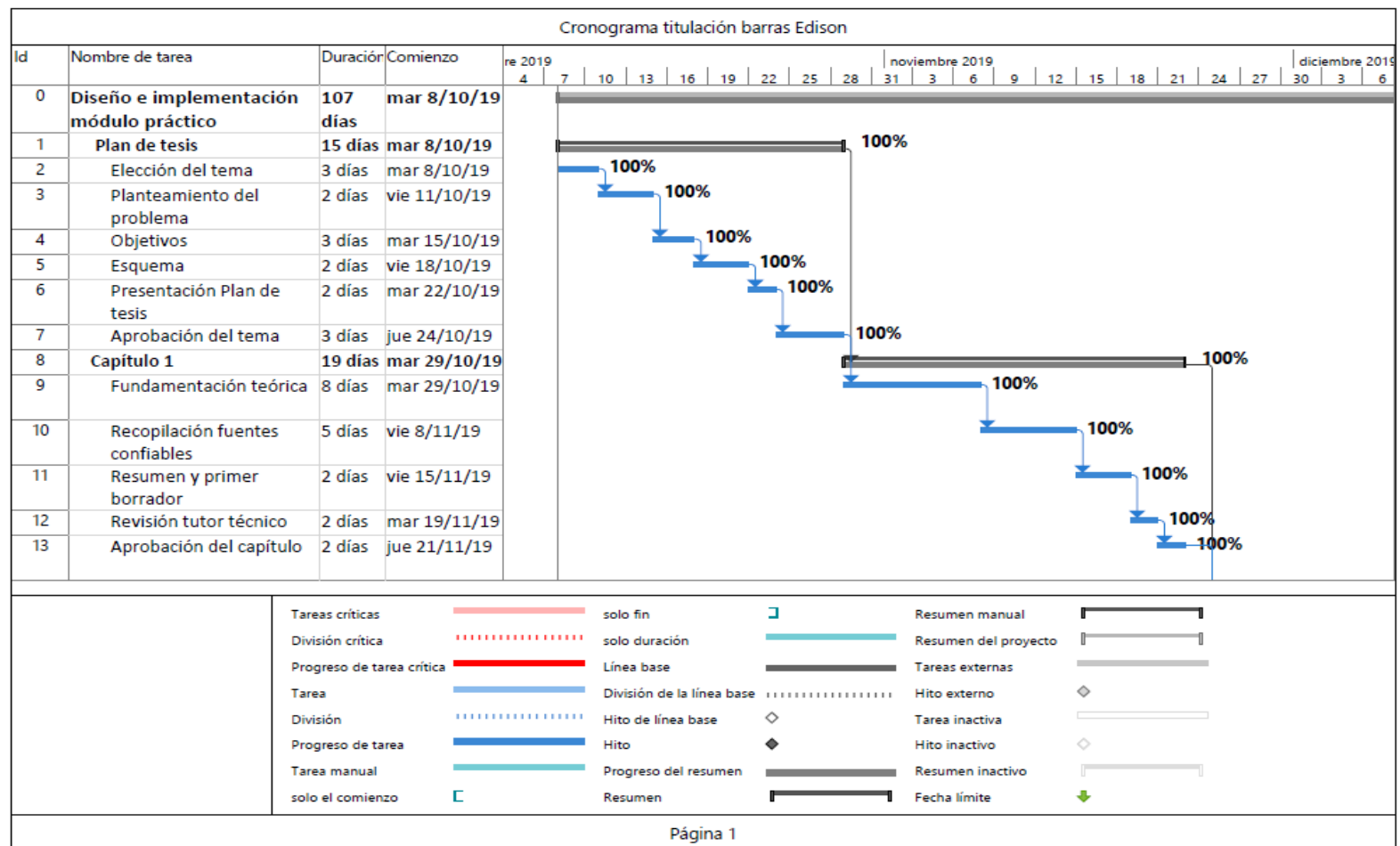


Figura 3.2 Cronograma de actividades

Fuente: Autor

3.10. Ventajas del proyecto

Las ventajas más importantes de la implementación del módulo de prácticas para la metería de comunicaciones ópticas son:

- La Universidad Tecnológica Israel podrá ofrecer profesional con conocimientos técnicos actualizados de alto nivel al país, capacitados con equipos que son utilizados en la industria de las telecomunicaciones.
- Conocimientos teóricos y prácticos de reflectometría óptica para la localización de fallos en enlaces de fibra óptica.
- Determinación de los diferentes parámetros que producen atenuación, perdidas de inserción en un enlace óptico debido a empalmes mecánicos o por fusión
- Aprendizaje y manejo de equipos especializados para fibra óptica.

CAPÍTULO 4

4. IMPLEMENTACIÓN

4.1. Desarrollo

4.1.1. Diseño del módulo experimental

El alcance general del proyecto comprende el diseño e implementación de un módulo experimental de laboratorio de comunicaciones ópticas, para el desarrollo de prácticas de reflectometría óptica en enlaces de fibra óptica, para la Universidad Tecnológica Israel, el módulo consta de sus respectivos elementos, herramientas y equipos para dichas pruebas.

El diseño del módulo práctico experimental para comunicaciones ópticas fue realizado por tres estudiantes de la carrera de electrónica digital y telecomunicaciones. Cada estudiante aportó en el modelaje del módulo físico y desarrolló su tema de investigación correspondiente.

Para la construcción del módulo, se elaboraron distintos diseños en herramientas digitales como AutoCAD, hasta llegar al diseño definitivo que cumpla con los requerimientos mencionados en el capítulo 3. El armazón metálico tendrá las siguientes medidas: alto 1950 mm, ancho 1500 mm, profundidad mesa de pruebas es de 450 mm, contará con cajoneras para guardar equipos y materiales, los mismos que se muestran con mayor detalle la figura 4.1 y 4.2.

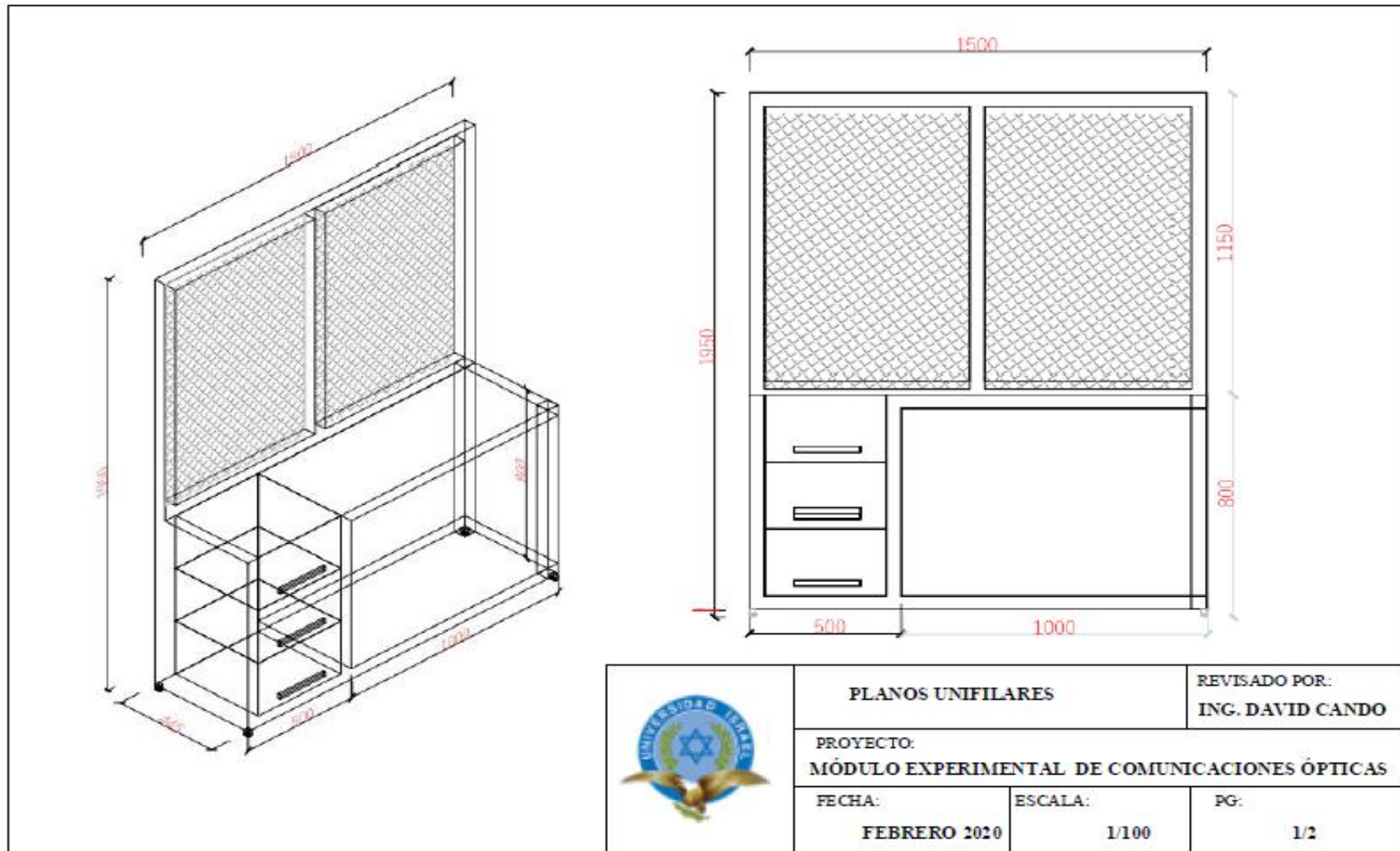


Figura 4.1 Diseño módulo experimental herramienta AutoCad

Fuente: Autor

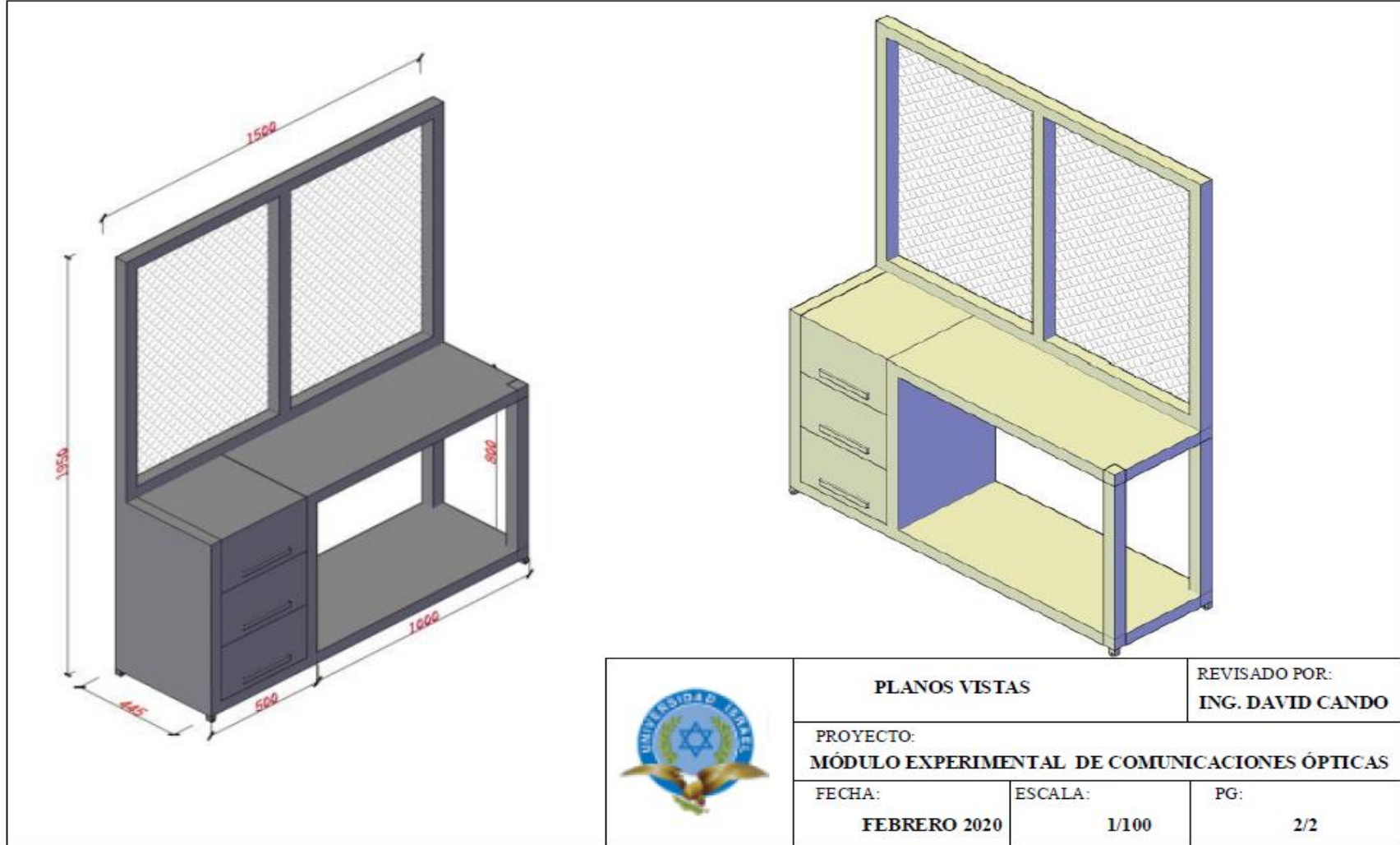


Figura 4.2 Modelación y Vistas en AutoCad

Fuente: Autor

4.1.2. Diseño del montaje de accesorios

Para la instalación de los elementos pasivos, donde se alojarán las conexiones como son de tipo fusión, conectorización mecánica y conectorización manual, se analizó la mejor distribución en la malla del módulo con el fin de simular un enlace real de fibra óptica, como se muestra en la figura 4,3.

A continuación se describen cada uno de los elementos que forma el módulo práctico:

ODF. - Distribuidor de fibra óptica, se instalará en la parte inferior-central del módulo y se divide tanto para transmisión (TX) así como para recepción (RX) de todos los enlaces propuestos.

Rosetas. - Se usarán para cambiar de interfaz de los equipos de medición y bobina de lanzamiento.

Manga de empalme. - Elemento que se usa para concentrar las fusiones de los enlaces propuesto en la mitad del recorrido.

FDF. - Caja de distribución de fibra, aloja y protege los empalmes mecánicos de los enlaces instalados.

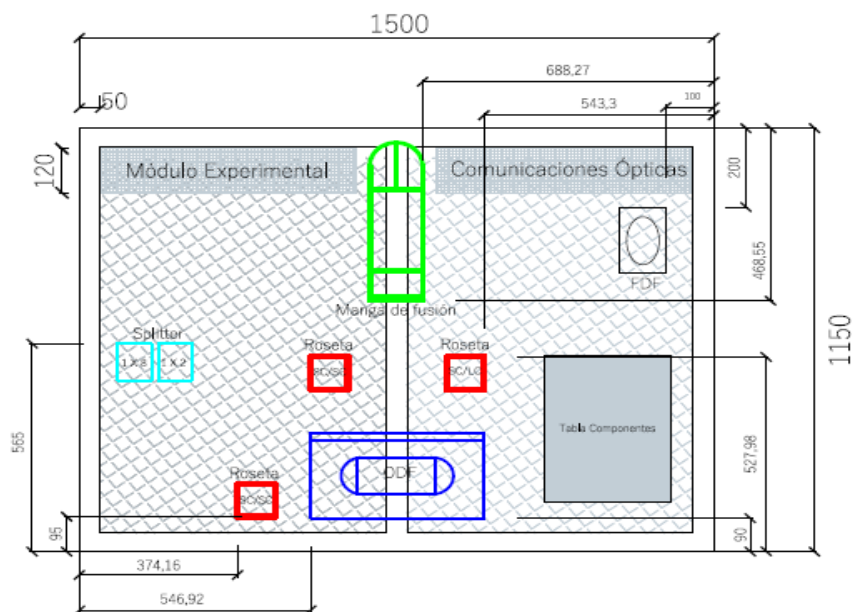


Figura 4.3 Diagrama de distribución en AutoCad

Fuente: Autor

4.1.3. Diseño de rutas

Las tres rutas se trazan de acuerdo con la ubicación de los elementos distribuidos en la malla, como se muestra en la figura 4.4.

Canalización Principal. - Por este medio de conducción se enrutan los seis enlaces propuestos, inician en el ODF slot de transmisión (TX) hasta el slot de recepción (RX). Se utiliza espiral de $\frac{1}{2}$ pulgada, 4.90 metros.

Canalización Reserva. - Se considera esta canalización dentro del diseño, para incrementar a futuro otros enlaces al módulo experimental. El origen empieza del slot TX hasta el slot RX. Se utiliza manguera plástica anillada de $\frac{1}{2}$ pulgada, 4.38 metros.

Canalización Prácticas. - Esta canalización se utiliza para realizar los enlaces de la Práctica análisis de trazas, se utilizará un segundo distribuidor de fibra ODF sobrepuesto en la mesa de pruebas. Se utiliza manguera plástica anillada de $\frac{1}{2}$ pulgada, 4.28 metros.

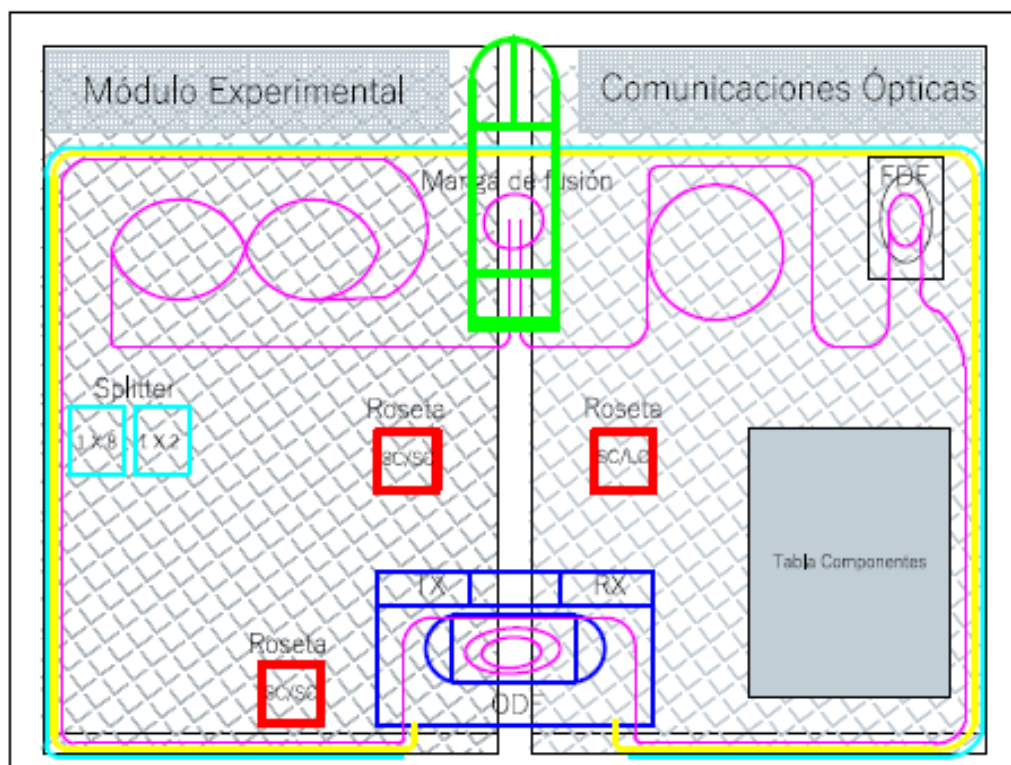


Figura 4.4 Diseño ruta enlaces de fibra óptica

Fuente: Autor

4.1.4. Diseño de enlaces

En la tabla 4.1 se detallan los seis enlaces a implementarse con sus respectivos conectores y elementos intermedios, cada enlace tiene una característica diferente. Para demostración didáctica se simula en el enlace número 5, un corte de fibra óptica en el FDF, los otros cinco enlaces operan de manera normal desde TX hacia RX.

Tabla 4.1 Elementos que conforman el módulo

N°	ENLACE		INTERFAZ	ELEMENTO			
	TX	RX		ODF TX	MANGA	FDF	ODF RX
1	P01	P01	SC/UPC-SC/UPC	Fusión	Fusión	Empalme Mecánico	Fusión
2	P02	P02	SC/UPC-SC/UPC	Conector Mecánico	Fusión	Empalme Mecánico	Conector Mecánico
3	P03	P03	SC/UPC-SC/UPC	Conector Manual	Fusión	Empalme Mecánico	Conector Manual
4	P04	P04	LC/UPC-LC/UPC	Fusión	Fusión	Empalme Mecánico	Fusión
5	P05	P05	LC/UPC-LC/UPC	Fusión	Fusión	Empalme Mecánico	Fusión
6	P06	P06	LC/UPC-LC/UPC	Fusión	Fusión	Empalme Mecánico	Fusión

Fuente: Autor

Los enlaces tienen una longitud de 15 metros de cable de fibra óptica con el estándar G.652D, que se distribuyen de la siguiente manera:

- Ruta lineal: 4.90 metros
- Reserva tipo ocho: 3,30 metros
- Reserva tipo bobina: 1.80 metros
- Reserva ODF (Tx-Rx): 2.00 metros
- Reserva manga de empalme: 1.00 metro
- Reserva FDF: 1.00 metro
- Desperdicios: 1.00 metros

En los enlaces que utilizan pigtail para fusión se tiene una longitud adicional de un metro a cada extremo, es así como al considerar todas estas características se tienen las siguientes longitudes en los enlaces:

- Enlace P01-P01: 16 metros
- Enlace P02-P02: 14 metros
- Enlace P03-P03: 14 metros
- Enlace P04-P04: 16 metros
- Enlace P05-P05: 16 metros
- Enlace P06-P06: 16 metros

Se realiza el cálculo teórico del presupuesto de pérdidas (Atenuación total), se utiliza la longitud de onda de 1550 nm, en cada uno de los enlaces, para aquello se utiliza la ecuación número 9, detallada en el capítulo I.

Valor de pérdidas. - Estos valores se consultan en las respectivas fichas técnicas de los elementos a utilizar.

- Pérdida en conector SC: 0.3 dB
- Pérdida en conector LC: 0.1 dB
- Pérdida en conector mecánico SC: 0.3 dB
- Pérdida en conector manual SC: 0.3 dB
- Pérdida en empalme por fusión: 0.03 dB
- Pérdida en empalme mecánico: 0.3 dB
- Pérdida en fibra 1550 nm: 0.3 dB/Km
- Margen del sistema: 3 dB

Presupuesto de pérdidas. - Se suman todas las pérdidas de los componentes utilizados en el enlace de fibra óptica, como se nota en la tabla 4.2.

Tabla 4.2 Detalle del presupuesto de pérdidas

NRO.	ENLACE		INTERFAZ	# CON	# FUS	# EMP MEC	DIST (Km)	CON LOST (dB)	FUS LOST (dB)	EMP MEC LOST (dB)	DIST. LOST (dB)	MARGEN (dB)
	TX	RX										
1	P01	P01	SC	2	3	1	0,016	0,6	0,09	0,3	0,0048	3
2	P02	P02	SC	2	1	1	0,014	0,6	0,03	0,3	0,0042	3
3	P03	P03	SC	2	1	1	0,014	0,6	0,03	0,3	0,0042	3
4	P04	P04	LC	2	3	1	0,016	0,2	0,09	0,3	0,0048	3
5	P05	P05	LC	2	3	1	0,016	0,2	0,09	0,3	0,0048	3
6	P06	P06	LC	2	3	1	0,016	0,2	0,09	0,3	0,0048	3

Fuente: Autor

Pérdidas totales. – En la tabla 4.3, se puede apreciar la atenuación total de los enlaces instalados en el módulo.

Tabla 4.3 Detalle de pérdidas totales

N°	ENLACE		TOTAL LOST (db)
	TX	RX	
1	P01	P01	3,9948
2	P02	P02	3,9342
3	P03	P03	3,9342
4	P04	P04	3,5948
5	P05	P05	3,5948
6	P06	P06	3,5948

Fuente: Autor

Con la ayuda del software OptiSystem se realiza simulaciones de los enlaces instalados, el software permite realizar variaciones en la longitud, así como la inserción de atenuadores para simular empalmes y pérdidas propias de la fibra óptica, entre otros. Se realiza dos simulaciones a 1550 nm, con interfaz SC y LC, se toma como longitud promedio 15 metros, se muestra en las figuras 4.5 y 4.6.

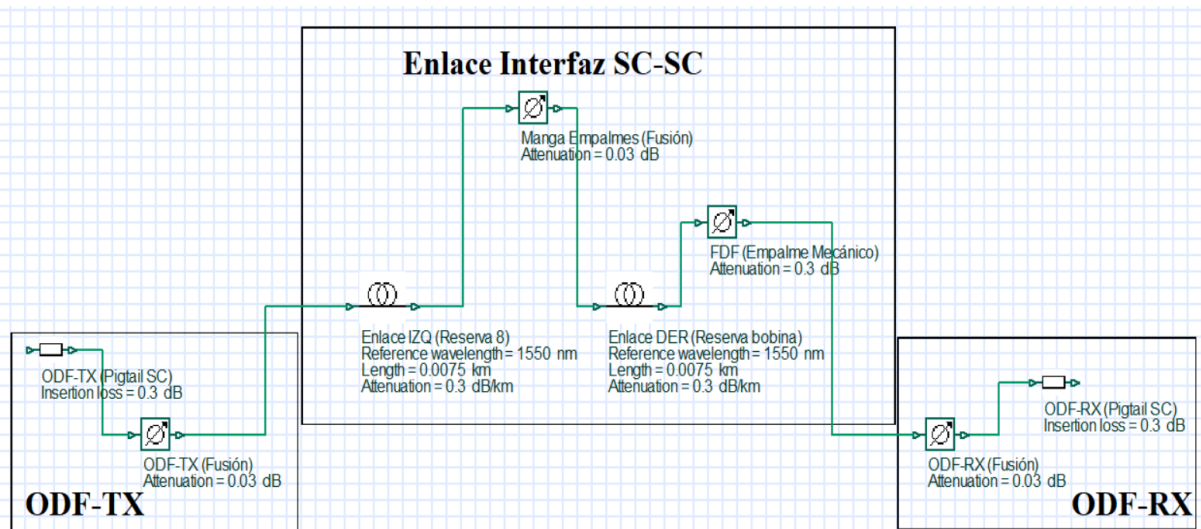


Figura 4.5 Simulación enlaces 1-2-3

Fuente: Autor

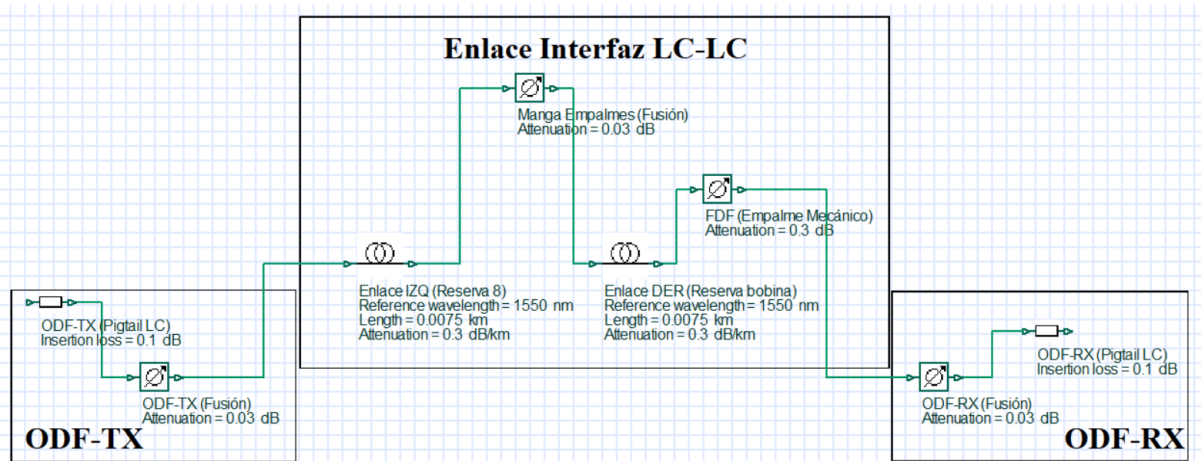


Figura 4.6 Simulación enlaces 4-5-6

Fuente: Autor

4.2. Etiquetado

El etiquetado de todos los elementos que son parte del módulo experimental se desarrolló según la recomendación de la norma ISO/IEC 14763-1, que sugiere, que la identificación y etiquetado queda a libertad del instalador. La normativa señala que el material de la etiqueta tiene que ser resistente a diferentes ambientes de instalación y tiene que ser nítidas, legibles y fácil de entender.

4.3. Modelo de práctica

Las prácticas propuestas están consideradas de acuerdo con el plan de tesis presentado en la Universidad Tecnológica Israel, el módulo dispone de los elementos necesarios para desarrollar satisfactoriamente las prácticas, que se hacen referencia en el anexo 4.

Práctica 01

Reconocer el OTDR y lectura de trazas. –La práctica va a servir a los estudiantes para comprender el uso y funcionamiento del OTDR. Para ello el estudiante adquirirá la capacidad de manejar la configuración del OTDR, así como reconocer las trazas que este puede generar.

El estudiante, dentro del marco teórico comprenderá la explicación global, de que es un OTDR y cómo funciona. También deberán manejar conceptos claves como: SNR, ancho de pulso, longitud de la medición, puntos de muestreo y número de cálculo de promedio.

A continuación, los estudiantes seguirán los pasos de la práctica, en la cual tendrá que situarse en el módulo de prácticas, deberán tomar el enlace número 1, hacer la conexión y simplemente revisar con la bobina de lanzamiento y medir las trazas del enlace. Con la ayuda de tablas se registrarán los datos obtenidos, donde los estudiantes podrán redactar conclusiones y recomendaciones de la práctica.

Práctica 02

Interpretación de las trazas de los enlaces de la práctica. – La práctica ayudará a los estudiantes a entender e interpretar la cantidad de eventos que muestran las trazas generadas por el OTDR. Los estudiantes tendrán que estar familiarizados con el manejo y configuración del OTDR.

Dentro del marco teórico los estudiantes deberán comprender la ciencia que hay detrás de un OTDR y manejar conceptos como: atenuación, retrodispersión, reflectancia y refracción.

A continuación, los estudiantes realizarán los pasos de configuración al OTDR, conectarán la bobina de lanzamiento y realizarán las pruebas de reflectometría al enlace práctico propuesto. Una vez completado las pruebas deberán extraer los resultados para analizarlos en el software PC propietario del OTDR. Las trazas se convierten en una vista lineal donde cada evento y elemento se representa con un icono fácil de interpretar con lo cual los estudiantes podrán redactar conclusiones y recomendaciones de la práctica.

4.4. Implementación módulo experimental

Se fabricó el módulo físico metálico en un taller metalmecánico calificado que cuenta con las herramientas y personal adecuado para este tipo de proyectos. Se utilizó tubo cuadrado, malla micro perforada, rieles para montaje de cajoneras y cajones metálicos con sistema de seguridad, se muestra en la figura 4.7.



Figura 4.7 Proceso construcción módulo metálico

Fuente: Autor

Una vez construido el módulo se procede a montar los elementos pasivos necesarios e instalar tramos de fibra óptica monomodo con el estándar G.652D de dos hilos canalizada en cinta tipo espiral para conservar el radio de curvatura y la distribución de los elementos para fusión, conectorización y enrutamiento de la fibra óptica.

En las instalaciones de tendido de cable de fibra óptica, se las puede realizar con diferentes métodos de instalación y se proporcionará suficiente reserva de cable en forma de figura 8 y/o circular. En la tabla 4.4 se indica los elementos que se instalaron.

Tabla 4.4 Detalle de pérdidas totales

CANTIDAD	UNIDAD	DESCRIPCIÓN	MARCA	MODELO
3	Tramos/15m	Fibra óptica 2h SM G652D	Connection	CFO-1002
1	U	Distribuidor de fibra óptica (ODF)	Connection	CFB-1224
1	U	Manga de empalme tipo domo	Connection	CME-0112
1	U	Caja de distribución de fibra (FDF)	Connection	CFB-8004
3	U	Roseta fibra óptica 2H	Connection	CMP-0160

Fuente: Autor

Se instaló tres rosetas de fibra óptica, con la finalidad de cambiar el tipo de interfaz para realizar las pruebas y mediciones de reflectometría, contemplados en este proyecto, se muestra en la figura 4.8.

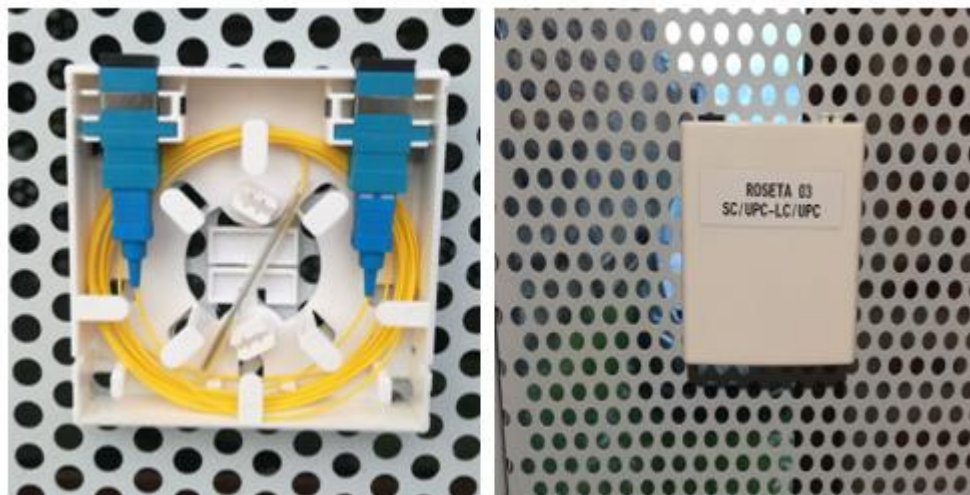


Figura 4.8 Instalación Roseta

Fuente: Autor

4.5. Empalme conectorización de fibra óptica

Una vez instalado y sujetado todos los elementos en la malla microperforada, como siguiente acción es realizar todas las fusiones y/o conectorizaciones (mecánicas y manuales) planificadas previamente.

En el ODF distribuidor de fibra óptica se lo dividió en tres partes TX, RX y espacio para alojar prácticas, la figura 4.9 muestra la distribución antes mencionada.

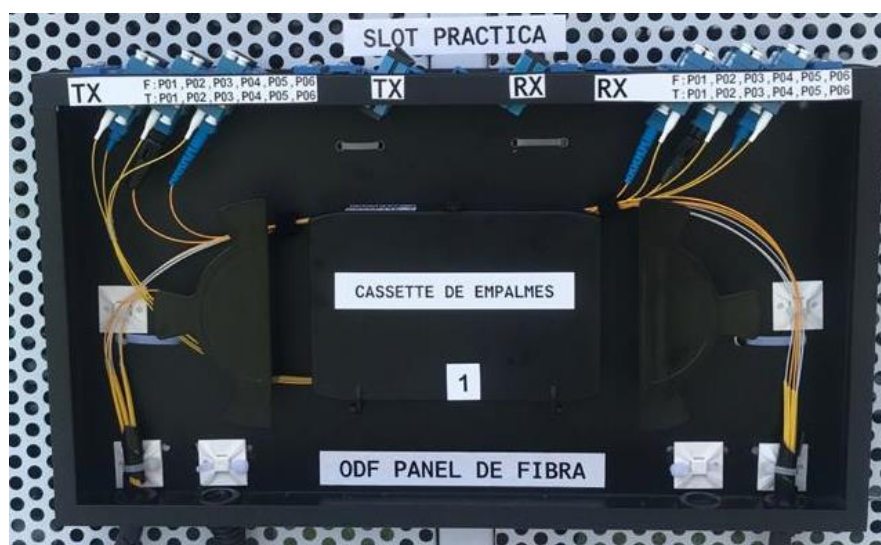


Figura 4.9 Distribución ODF

Fuente: Autor

En el ODF se realizó las fusiones y conectorizaciones que se detalla a continuación, en la tabla 4.5.

Tabla 4.5 Tipo de fusión y/o conectorización

POSICIÓN	ENLACE		INTERFAZ	TIPO DE CONEXIÓN
	TX	RX		
1	P01	P01	SC/UPC-SC/UPC	Fusión
2	P02	P02	SC/UPC-SC/UPC	Conector mecánico
3	P03	P03	SC/UPC-SC/UPC	Conector manual
4	P04	P04	LC/UPC-LC/UPC	Fusión
5	P05	P05	LC/UPC-LC/UPC	Fusión
6	P06	P06	LC/UPC-LC/UPC	Fusión

Fuente: Autor

A continuación, en la figura 4.10, se muestra el módulo experimental de comunicaciones ópticas terminado con todos los elementos y fusiones y/o conectorizaciones listas para realizar pruebas de reflectometría óptica.



Figura 4.10 Módulo experimental de comunicaciones ópticas

Fuente: Autor

4.6. Pruebas de funcionamiento

A continuación, se especifican las pruebas realizadas para verificar el correcto funcionamiento de cada uno de los seis enlaces de fibra monomodo instalados.

4.6.1. Transmisión de luz

Se realiza las pruebas con el localizador visual de fallos (VFL), el cual permite observar si existen empalmes con defectos. En la tabla 4.6, se presenta las pruebas de transmisión de luz realizadas.

Tabla 4.6 Tipo de fusión y/o conectorización

No	ENLACE	INTERFAZ	PRUEBA DE LUZ	
	TX - RX	TX - RX	PASA	NO PASA
1	P01-P01	SC	SI	
2	P02-P02	SC	SI	
3	P03-P03	SC	SI	
4	P04-P04	LC	SI	
5	P05-P05	LC		NO
6	P06-P06	LC	SI	

Fuente: Autor

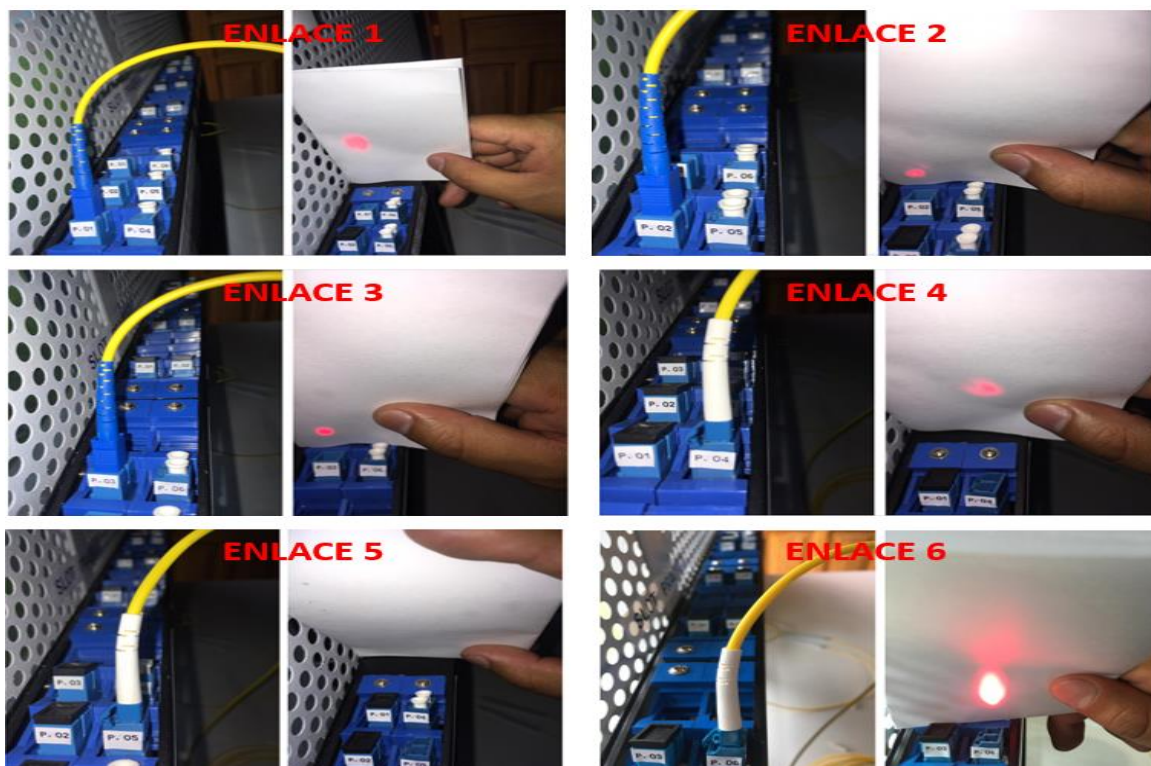


Figura 4.11 Pruebas de transmisión de luz

Fuente: Autor

4.6.2. Medidas de potencia

Para realizar la prueba se utiliza un transmisor láser con una potencia óptica de -7 dBm, ventana de operación 1550 nm, y un medidor óptico cuyo rango de operación es -70 a 10 dBm, como se muestra en la figura 4.12.

En la tabla 4.7, se detallan las medidas de potencia de entrada y salida, así como el nivel de atenuación de cada uno de los seis enlaces instalados.

Tabla 4.7 Medida de potencia óptica en los enlaces

No	ENLACE	INTERFAZ	Po	Pz	At
	TX - RX	TX - RX	(dBm)	(dBm)	(dB)
1	P01-P01	SC	- 7	- 9.87	2.87
2	P02-P02	SC	- 7	- 9.97	2.95
3	P03-P03	SC	- 7	- 9.68	2.68
4	P04-P04	LC	- 7	- 9.56	2.56
5	P05-P05	LC	- 7	- 38.23	31.23
6	P06-P06	LC	- 7	- 9.47	2.47

Fuente: Autor



Figura 4.12 Pruebas de medida de potencia en enlaces

Fuente: Autor

4.7. Análisis de resultados

En la tabla 4.6, se nota los resultados de la transmisión de luz en los hilos de fibra óptica de los enlaces instalados, en los enlaces 1, 2, 3, 4, y 6 es muy buena la transmisión de luz, mientras que el enlace 5 no se tiene proyección de luz en el lado de RX como se aprecia en la figura 4.32. En el enlace 5, se simula un corte de fibra en el FDF de acuerdo con el diseño inicial de los enlaces propuestos

Las medidas de los niveles de potencia óptica son diferentes en cada uno de los enlaces, tal como se muestra en la tabla 4.8.

- La atenuación es menor en los enlaces 1, 4, y 6, dado que los empalmes se realizaron por fusión en cada extremo de los enlaces.
- La atenuación es mayor en los enlaces 2 y 3, debido al tipo de conectorización (manual o mecánica) en cada extremo de los enlaces. Los niveles de pérdidas pueden variar de acuerdo con la experiencia del personal técnico que realiza este tipo de conectorizaciones.
- Hay demasiada atenuación en el enlace 5, esto es por el corte de fibra en el enlace propuesto.

Los niveles de potencia varían en cada enlace, debido a las características de los elementos, técnicas de empalmes y conectorización usado y se considerará las macro y micro curvaturas que tiene cada canal de transmisión.

CONCLUSIONES

- Al conceptualizar parámetros como: el ancho de pulso, la distancia de medición, número de puntos de muestreo, ancho de banda del receptor y haber aplicado a una práctica, el estudiante podrá tener la capacidad en un 80% para diagnosticar fallas en un enlace de fibra óptica

- En relación con costos de maquetas experimentales, donde se puede realizar una o dos practicas oscila alrededor de 2000 dólares, si bien es cierto que el módulo práctico propuesto tiene un valor superior, la versatilidad de acoplarse a varios escenarios de prácticas, donde se puede ejecutar laboratorios de redes WDM, así con PON, puede ser una inversión a futuro de la Universidad de proveer de varios laboratorios y con ello se pueda alcanzar a muchos más estudiantes en una práctica general.

- Se ha cumplido con el objetivo planteado, que fue la implementación del módulo experimental para la asignatura de comunicaciones ópticas, donde los estudiantes de la carrera de electrónica podrán realizar prácticas de laboratorio.

- La concepción del módulo permite no solamente la elaboración de prácticas de laboratorio, si no también, se estima que los estudiantes puedan tener la comprensión de la materia en un 70%.

- Al usar el método de medida, reflectometría óptica en el dominio del tiempo, OTDR, se pudo evidenciar que el uso adecuado de la interpretación de los resultados obtenidos de las diferentes pruebas se puede llegar a un correcto entendimiento de los eventos que tiene ese enlace óptico.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda considerar un alcance a corto plazo para añadir al módulo experimental, una nueva fase de fibra óptica multimodo con la finalidad que los estudiantes obtengan más conocimientos y puedan involucrarse con el entorno de las telecomunicaciones que les rodea.

- Los equipos electrónicos de medición que son parte del módulo práctico, se sugiere realizar un mantenimiento preventivo y la respectiva calibración semestralmente.

- Dentro de la elección de un equipo OTDR, a más del costo, se debe toma en cuenta los siguientes aspectos, como: ventana de operación 850, 1300 nm para Multimodo y 1310, 1550 para Monomodo, rango dinámico mayor y menor zona muerta, por lo tanto, es necesario para una adquisición futura que se vea un equipo con mejores características técnicas.

- Se recomienda realizar mantenimiento y limpieza de las conexiones finales de los enlaces instalados cada 5 meses.

- Aplicar el uso del módulo practico como porcentaje de evaluación en la materia de comunicaciones ópticas.

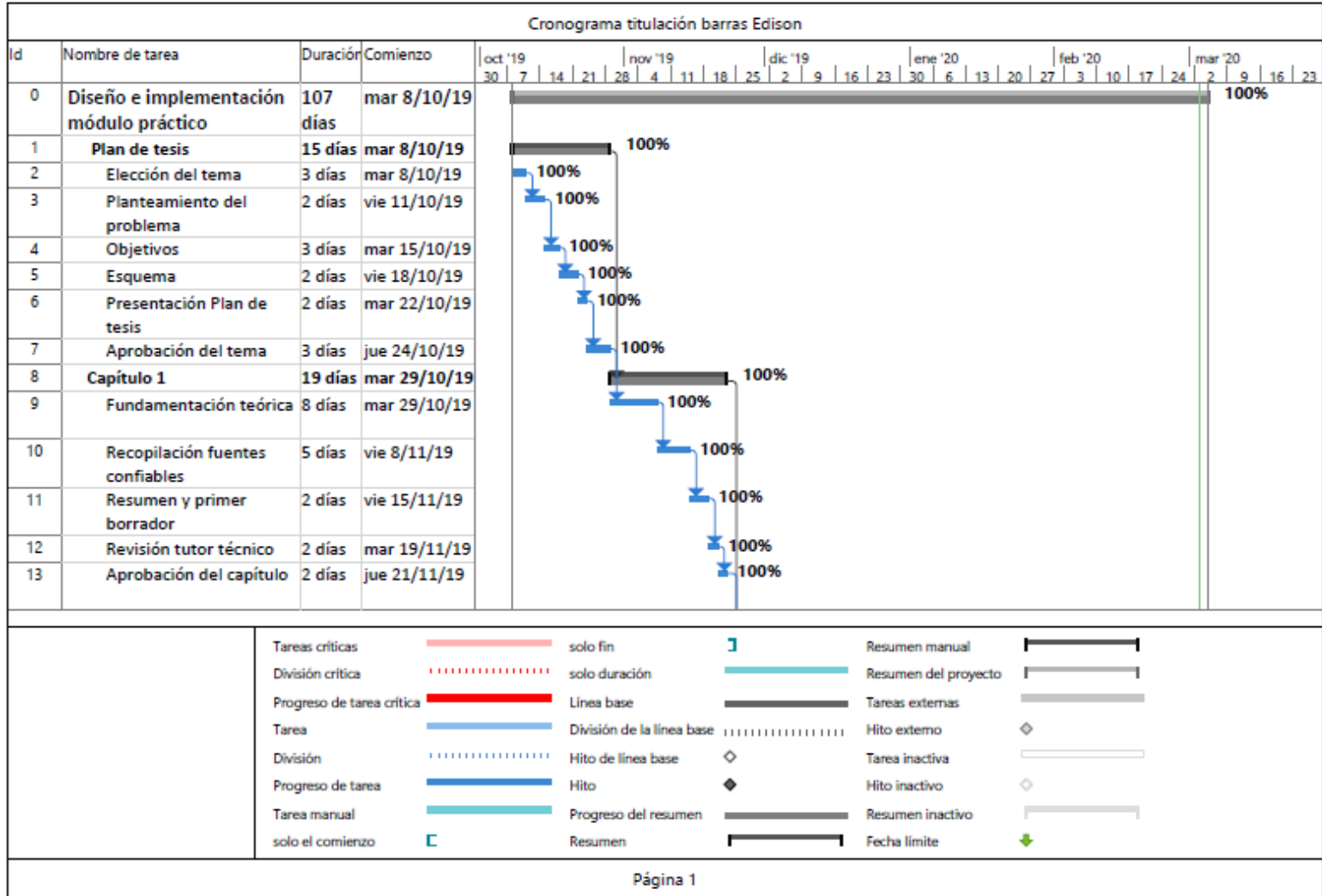
BIBLIOGRAFÍA.

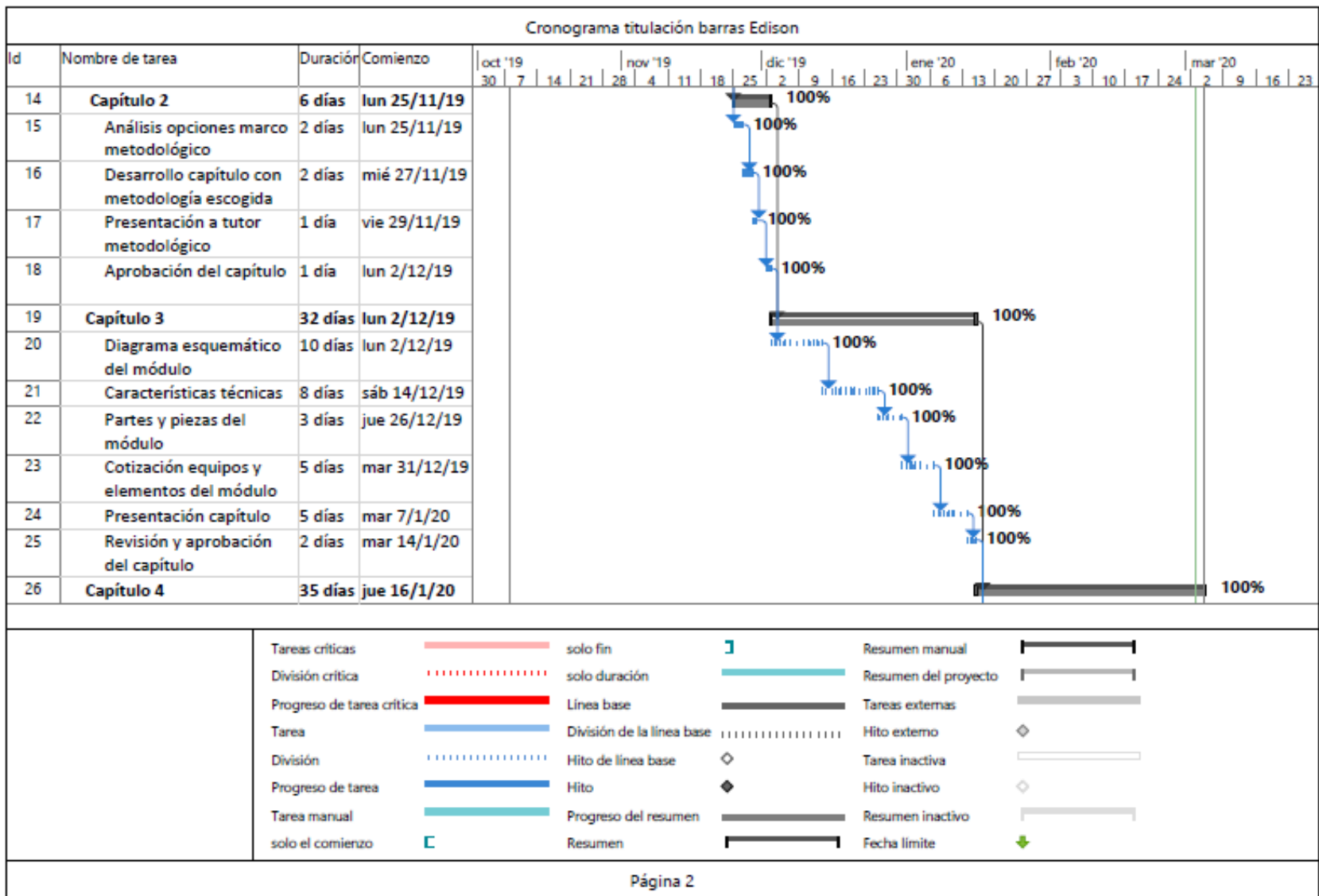
- ✓ Cisco, S. (5 de 11 de 2019). *Cisco*. Obtenido de https://www.cisco.com/c/es_mx/support/docs/optical-networking/ons-15454-sonet-multiservice-provisioning-platform-mspp/27042-max-att-27042.html
- ✓ Escobar, O. (30 de 08 de 2019). *Blogspot*. Obtenido de <https://olev06.blogspot.com/2011/01/optica-geometrica-1-espejos-planos.html>
- ✓ España, M. (2005). *Comunicaciones Ópticas Conceptos esenciales y resolución de ejercicios*. Madrid, España: Díaz de Santos S.A.
- ✓ Flores, D. (31 de 08 de 2019). *Prezi*. Obtenido de <https://prezi.com/1jr4pxa18gqv/estandares-itu-fibra-optica-monomodo-g-652-g655-g657/>
- ✓ Geronimo, C. (14 de 11 de 2019). *Issuu*. Obtenido de https://issuu.com/cesargeronimo2/docs/libro_de_comunicaciones_opticas
- ✓ Gomez, A. (30 de 08 de 2019). *Blogspot*. Obtenido de <http://mairaalejandragomez.blogspot.com/>
- ✓ HENTEL. (30 de 09 de 2019). *HENTEL CIA. LTDA*. Obtenido de <http://hentel.com.ec/images/productos/fibra/fusionadora-connection.png>
- ✓ ITU-R. (31 de 08 de 2019). *International Telecommunications Union*. Obtenido de <https://www.itu.int/net/ITU-R/asp/terminology-definition.asp?lang=es&rlink={995A0444-E635-4476-A388-A5B232A854DF}>
- ✓ López, E. (2013). *Estudio teórico y simulación de un OTDR para sistemas de comunicaciones por fibra óptica*. Madrid, España: Universidad Politécnica de Madrid .
- ✓ Raffino, M. (30 de 08 de 2019). *Concepto.de*. Obtenido de <https://concepto.de/fibra-optica/>
- ✓ Ramirez, J., & Delgado, J. (31 de 08 de 2019). *Itlalaguna*. Obtenido de <http://www.itlalaguna.edu.mx/academico/carreras/electronica/opteca/INDIFIB.HTML>
- ✓ Rodriguez, A. (30 de 08 de 2019). *Fibraopticahoy*. Obtenido de <https://www.fibraopticahoy.com/tipos-conectores-fibra-optica/>
- ✓ Santa Cruz, O. (30 de 08 de 2019). *Universidad Tecnológica Nacional* . Obtenido de <http://www.profesores.frc.utn.edu.ar/electronica/ElectronicaAplicadaIII/PlantelExterior/IntroduccionResumen%20FO.pdf>
- ✓ Senior, J. (2009). *Optical fiber communications 3rd edición*. Londres: Prentice Hall.

- ✓ ShopDelta. (5 de 11 de 2019). *ShopDelta*. Obtenido de https://shopdelta.eu/atenuacion-de-la-fibra-optica_l6_aid811.html
- ✓ Solis, C., & Garcia, R. (2016). Investigacion Cientifica. *Revista Cientifica Alas Peruanas*, 1,2.
- ✓ Technical. (30 de 08 de 2019). *Technical.cat*. Obtenido de <https://www.technical.cat/apunts-tecnics/cas-fibra-optica-monomodo-multimodo-apuntes-tecnics-technical-manresa-igualada.pdf>
- ✓ Vázquez, C. (30 de 08 de 2019). *Universidad Carlos III de Madrid*. Obtenido de <http://ocw.uc3m.es/tecnologia-electronica/dispositivos-y-medios-de-transmision-opticos/material-de-clase-1/modulo-2-propagacion-en-fibras-opticas>
- ✓ Viera, D. (2018). *Interfaz gráfica para simulacion de un OTDR aplicado en sistemas de comunicaciones por fibra óptica*. Ambato, Ecuador: Universidad Técnica de Ambato.

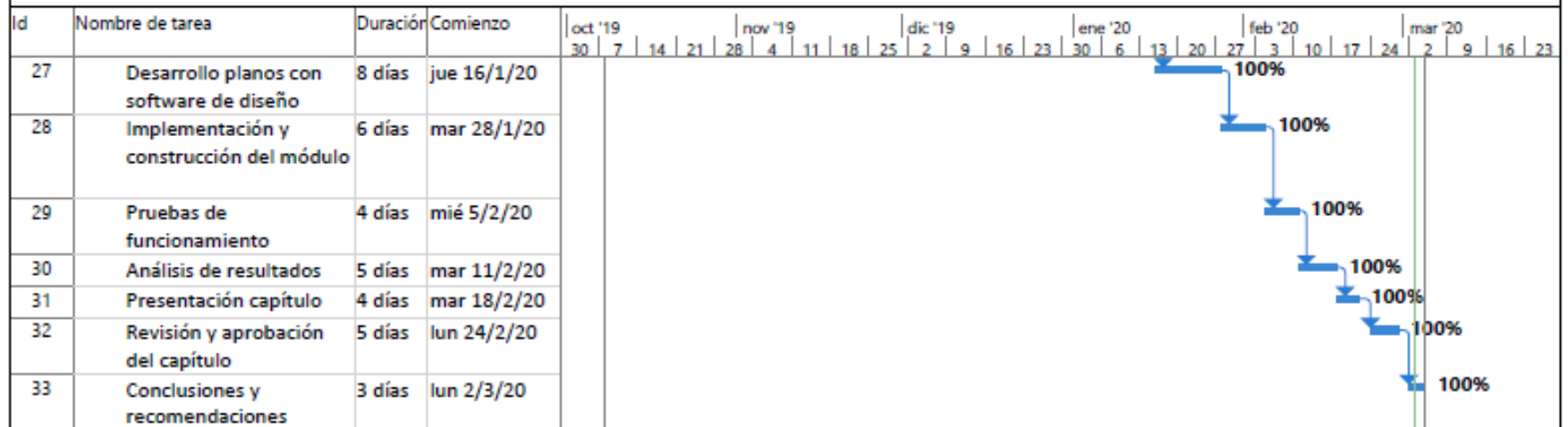
ANEXO 1

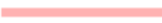























CRONOGRAMA PROYECTO DE TITULACIÓN





Cronograma titulación barras Edison



Tareas críticas		solo fin		Resumen manual	
División crítica		solo duración		Resumen del proyecto	
Progreso de tarea crítica		Línea base		Tareas externas	
Tarea		División de la línea base		Hito externo	
División		Hito de línea base		Tarea inactiva	
Progreso de tarea		Hito		Hito inactivo	
Tarea manual		Progreso del resumen		Resumen inactivo	
solo el comienzo		Resumen		Fecha limite	

ANEXO 2

MANUAL SOFTWARE TERMINAL PC OTDR

CONTENIDO

MANUAL DE PRUEBAS	¡Error! Marcador no definido.
CONTENIDO.....	79
INSTRUCCIÓN DEL SOFTWARE DE TERMINAL DE PC DE OTDR	80
1. Instalación de OTDR Traces Manager 300E	80
1.2 Pasos de instalación del software.....	80
1.3 Configuración de la relación de resolución de pantalla	81
2. Instrucciones de interfaz de OTDR Traces Manager 300E.....	81
3. Instrucciones de la ventana de la barra de menús de OTDR Traces Manager 300E	82
3.1 Instrucción del menú "Archivo"	82
3.2 Instrucción del menú "Edición"	89
3.3 Instrucciones del menú "Ver"	90
3.4 Instrucciones del menú "Ayuda"	91
4. Instrucciones de OTDR Traces Manager 300E.....	92
5. Instrucciones de OTDR Traces Manager 300E Traces Window	92
5.1 Área de visualización de "Gráfico de seguimiento"	93
5.2 Área de visualización de "Lista de archivos de visualización de múltiples trazas"93	
5.3 Área de visualización del "parámetro de medición"	94
5.4 Visualización del área de "Resultado de medición"	94
6. Instrucciones de la ventana Lista de eventos de OTDR Traces Manager 300E	95
7. Instrucciones de la ventana de forma de onda completa de OTDR Traces Manager 300E.....	96

INSTRUCCIÓN DEL SOFTWARE DE TERMINAL DE PC DE OTDR

El nombre del software de terminal de PC correspondiente a OTDR es OTDR Traces Manager 300E. El software es un software dedicado para OTDR desarrollado por nosotros. Los archivos de rastreo generados a partir de la medición de OTDR se pueden abrir a través del software. Puede proporcionar al usuario una conveniente función de gestión de datos. Estas funciones incluyen: mantenimiento, navegación, almacenamiento, copia e impresión de los datos probados.

1. Instalación de OTDR Traces Manager 300E

1.1 Requisitos para el entorno de instalación

La configuración del sistema del entorno de instalación requerido de OTDR Traces Manager es la siguiente:

- Pentium 3 o Pentium 4 o computadora privada con una configuración similar; Operation Sistema operativo Microsoft Windows98 / 2000 / XP / 7;
- El espacio disponible de hardware es mayor a 40M;
- CD-ROM de más de 8 velocidades.

1.2 Pasos de instalación del software

Los pasos de instalación son los siguientes:

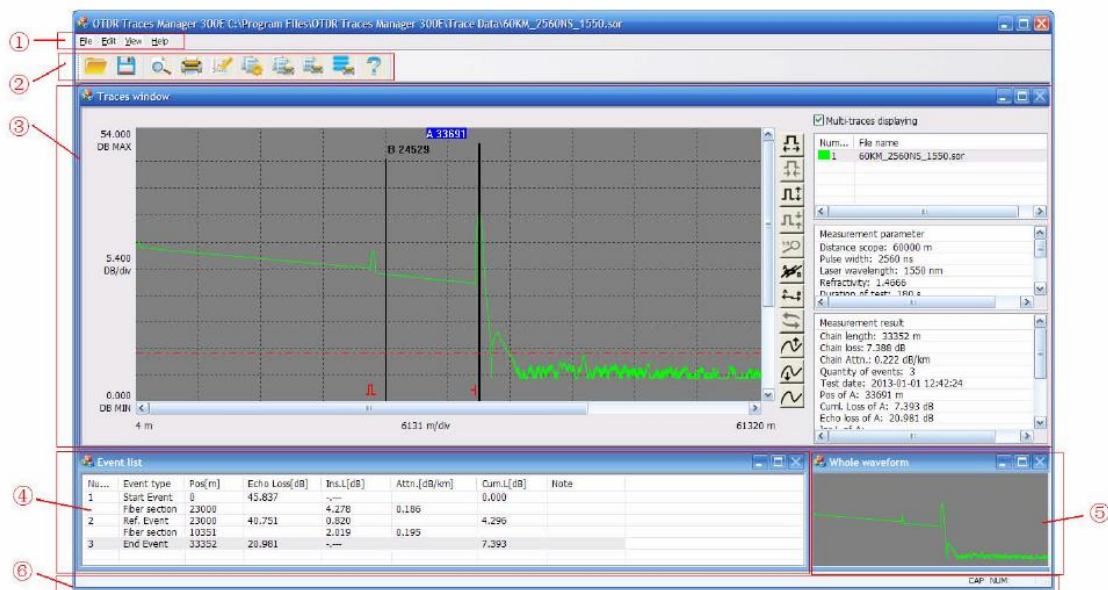
- Inicie el sistema operativo Windows;
- Escapar de otro programa de aplicación en ejecución;
- Conecte el disco conectado al controlador de CD; seleccione e ingrese la carpeta de curva software de procesamiento - "OTDR Traces Manager 300E";
- Doble click en OTDR Traces Manager 300E .EXE para ingresar al programa de instalación;
- Instale de acuerdo con el aviso de la unidad de guía de instalación completada.

1.3 Configuración de la relación de resolución de pantalla

Para pantallas 4:3, recomendamos configurarlo en 1024 * 768; para pantallas 16: 9, recomendamos configurarlo en 1360 * 768.

2. Instrucciones de interfaz de OTDR Traces Manager 300E

La interfaz principal de OTDR Traces Manager 300E se compone de las siguientes partes: ventana de barra de menú, ventana de barra de herramientas, ventana de forma de onda (incluyendo gráfico de seguimiento, lista de archivos de visualización de formas de onda múltiples, parámetro de medición, resultado de medición), ventana de lista de eventos, toda la ventana de forma de onda, así como la barra de estado en la parte inferior de la ventana.



- ① Menu Window
- ② Toolbar Window
- ③ TracesWindow
- ④ Event List Window
- ⑤ Whole Waveform Window
- ⑥ Status Window

Figura 13 Diagrama de interfaz principal de OTDR Traces Manager 300E

3. Instrucciones de la ventana de la barra de menús de OTDR Traces Manager 300E

La ventana de la barra de menú del software de terminal de PC de OTDR Traces Manager 300E incluye 4 opciones de menú: archivo, edición, vista y ayuda

File Edit View Help

Figura 14 Diagrama de interfaz de la ventana de la barra de menú del software de terminal de PC de OTDR

3.1 Instrucción del menú "Archivo"

El menú "Archivo" se muestra como figura 3. Las funciones que se pueden realizar en el menú "archivo" incluyen: abrir / cerrar archivo de rastreo, guardar / guardar como la curva actual, guardar todas las curvas, imprimir la opción, imprimir, vista previa de impresión, modificación de lotes, impresión por lotes / impresión de múltiples huellas en una sola página / pantalla e imprimir múltiples huellas, escapar del software de la aplicación.

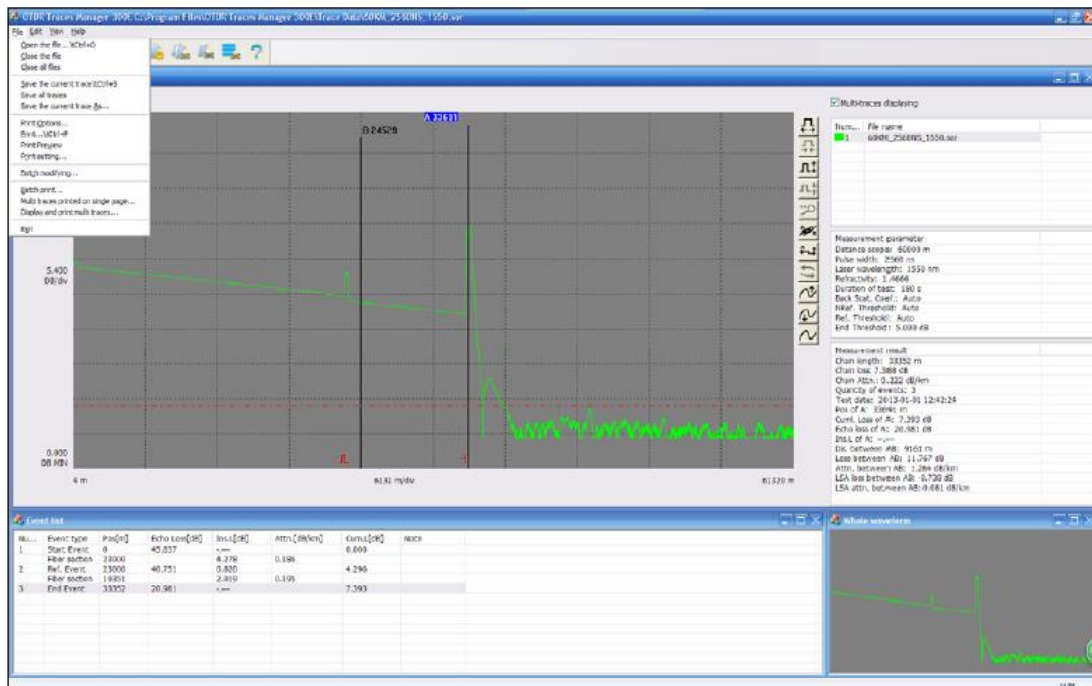


Figura 15 Diagrama de interfaz del menú "Archivo"

1) "Abrir / cerrar / cerrar todos los archivos"

El "cuadro de diálogo Abrir" se expulsará después de seleccionar la función "Abrir", como se muestra en la figura 4. Los usuarios pueden elegir máximo 8 archivos de rastreo en una misma carpeta a través de "Ctrl + mouse"; el archivo seleccionado estará en la "lista de archivos que se muestran en forma de onda múltiple". El archivo de rastreo abierto se puede cerrar seleccionando "cerrar archivo" o "cerrar todos los archivos" en el menú "archivo".

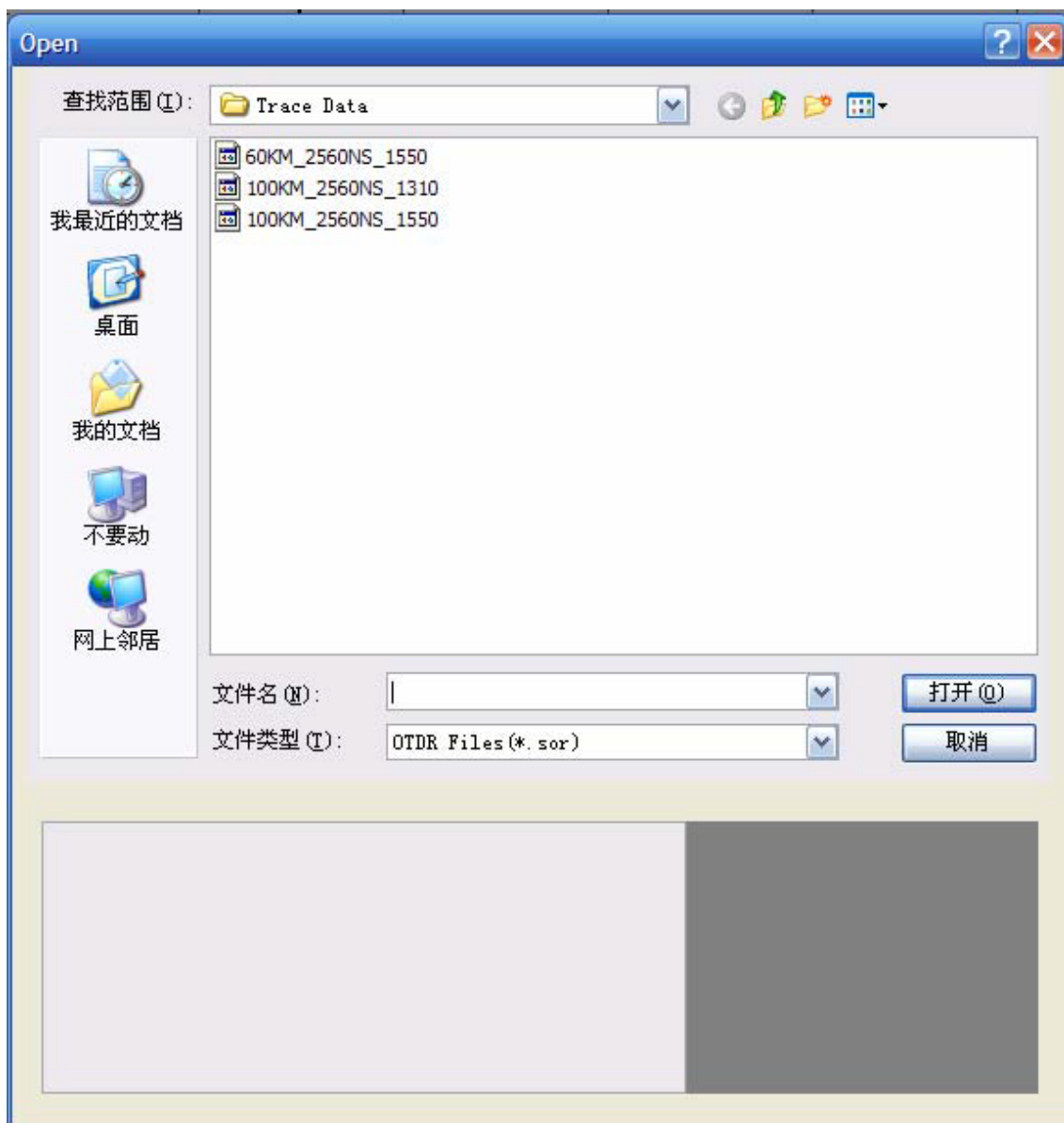


Figura 16 Diagrama de interfaz del cuadro de diálogo "Abrir"

2) "Guardar la curva actual, guardar todas las curvas, guardar la curva actual como":

Al seleccionar "guardar la curva modificada actual", "guardar toda la curva modificada"; y "guardar la curva actual como otro archivo", se expulsará el cuadro de diálogo que se muestra en la figura.5.

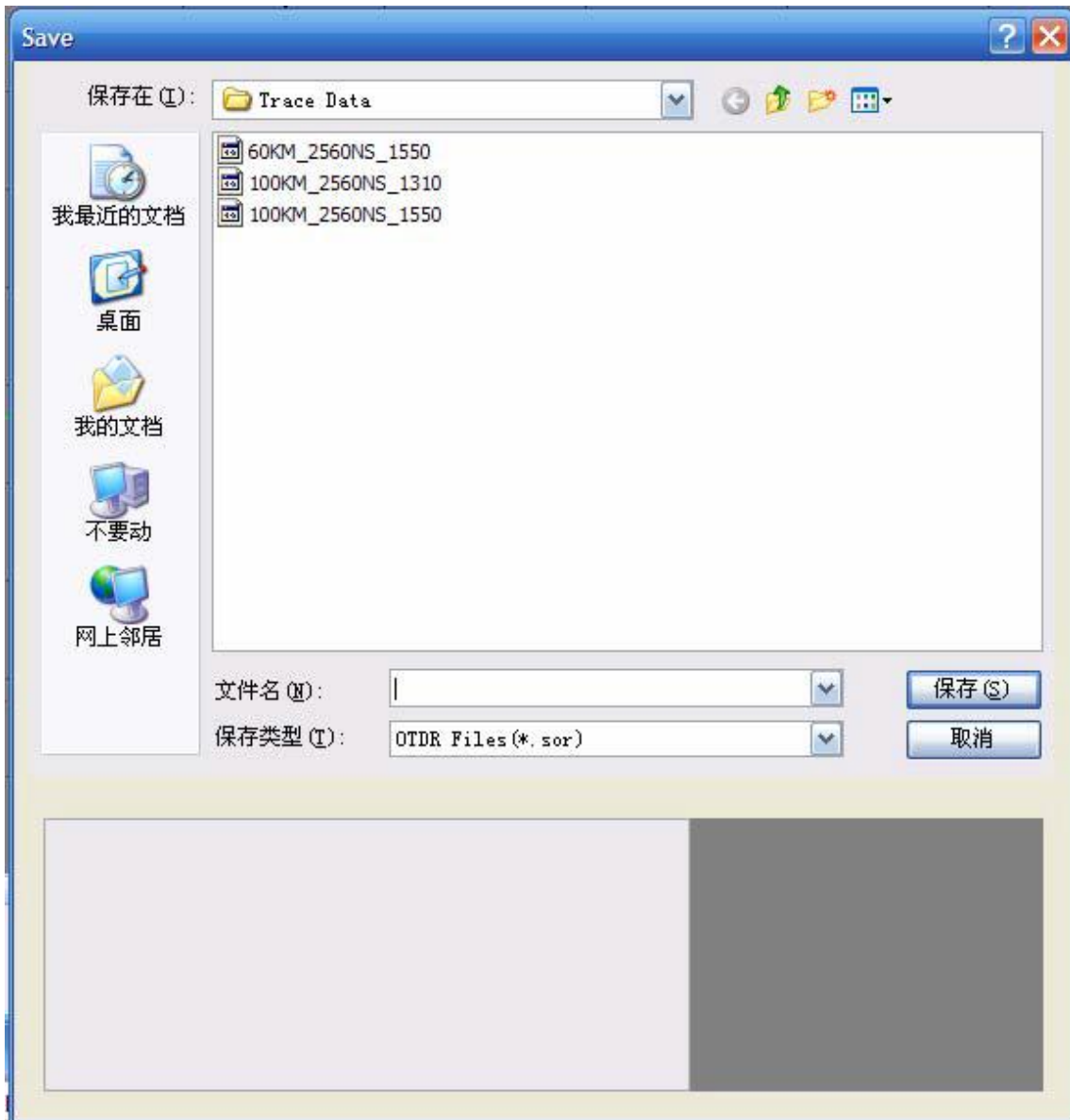


Figura 17 Diagrama de interfaz del cuadro de diálogo "Guardar"

3) "Opción de impresión / impresión / vista previa de impresión":

"Opción de impresión, impresión y vista previa de impresión" corresponden al modo de impresión "traza única en una sola página". Los elementos de configuración en "opción de impresión" incluyen: "información de rastreo, diagrama de rastreo (incluyendo malla, poste de señalización, línea de umbral final, marca de punto de evento, miniatura), medición parámetro, enlace de fibra óptica y lista de eventos ". Su opción de valor predeterminado es "información de rastreo", "malla, poste de señalización, marca de punto de evento" en "diagrama de rastreo", "parámetro de medición", "enlace de fibra óptica" y "lista de eventos". El formato del cuadro de diálogo es como se muestra en la figura.6.

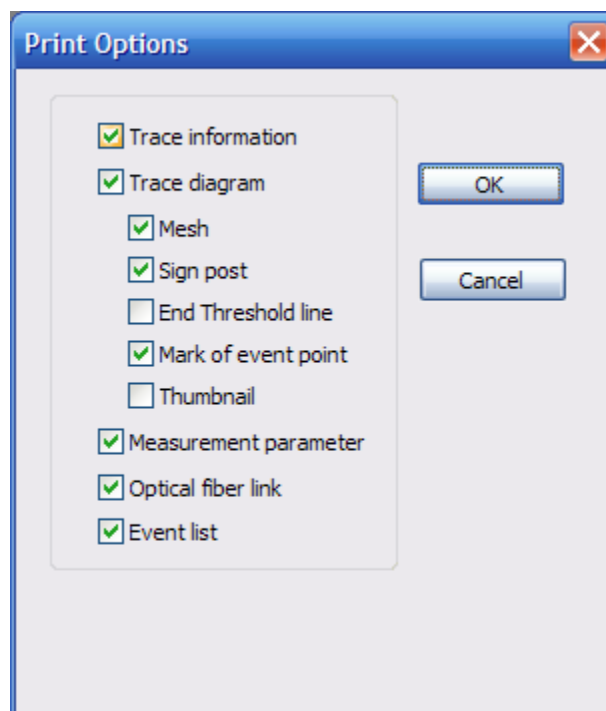


Figura 18 Diagrama de interfaz del cuadro de diálogo "Opción de impresión"

4) "Modificación por lotes"

La "modificación por lotes" solo permite la modificación por lotes de la información en el archivo de seguimiento en la misma carpeta de archivos, como se muestra en la figura.7.

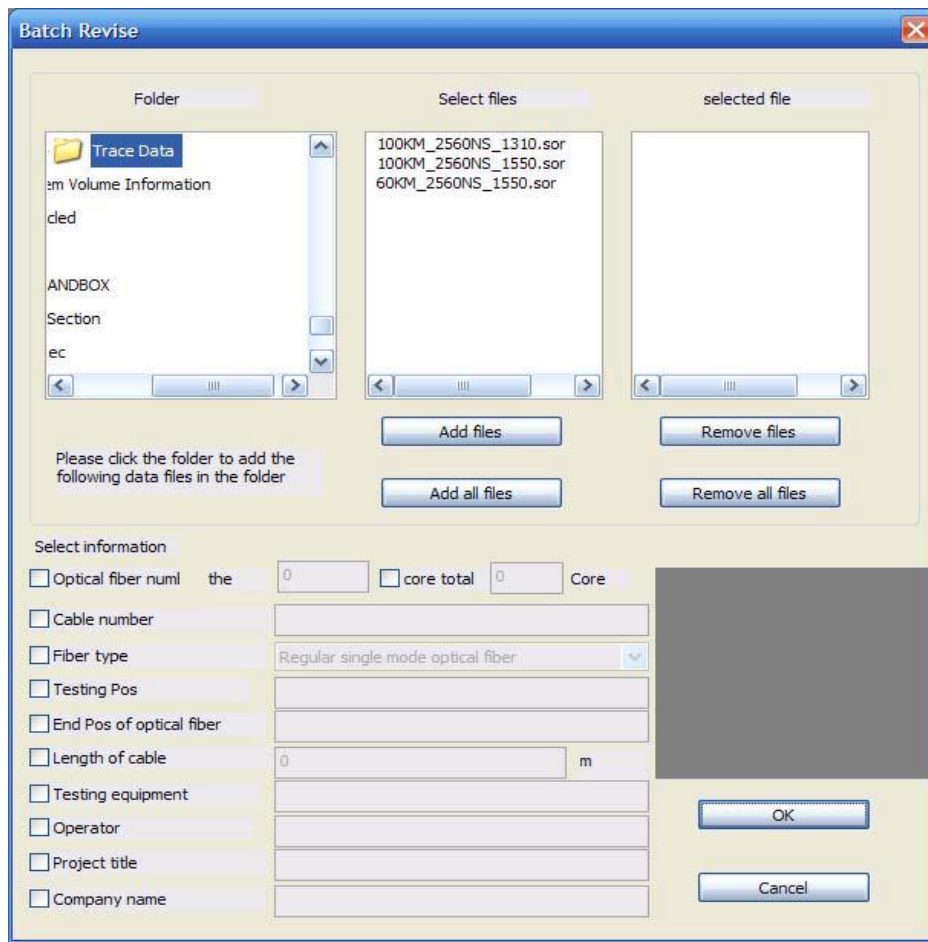


Figura 19 Diagrama de interfaz del cuadro de diálogo "Modificación por lotes"

5) "Impresión por lotes / impresión de múltiples huellas en una sola página / pantalla e impresión de múltiples huellas":

“La impresión por lotes / impresión de múltiples trazas imprime en una sola página / pantalla e imprime múltiples trazas” solo permite el modo de impresión de archivos de trazas en la misma carpeta.

(a) "Impresión por lotes"

El modo de impresión solo permite el formato de impresión de rastreo único en una sola página del archivo de rastreo en la misma carpeta, y el formato de impresión del archivo de rastreo seleccionado es el mismo.

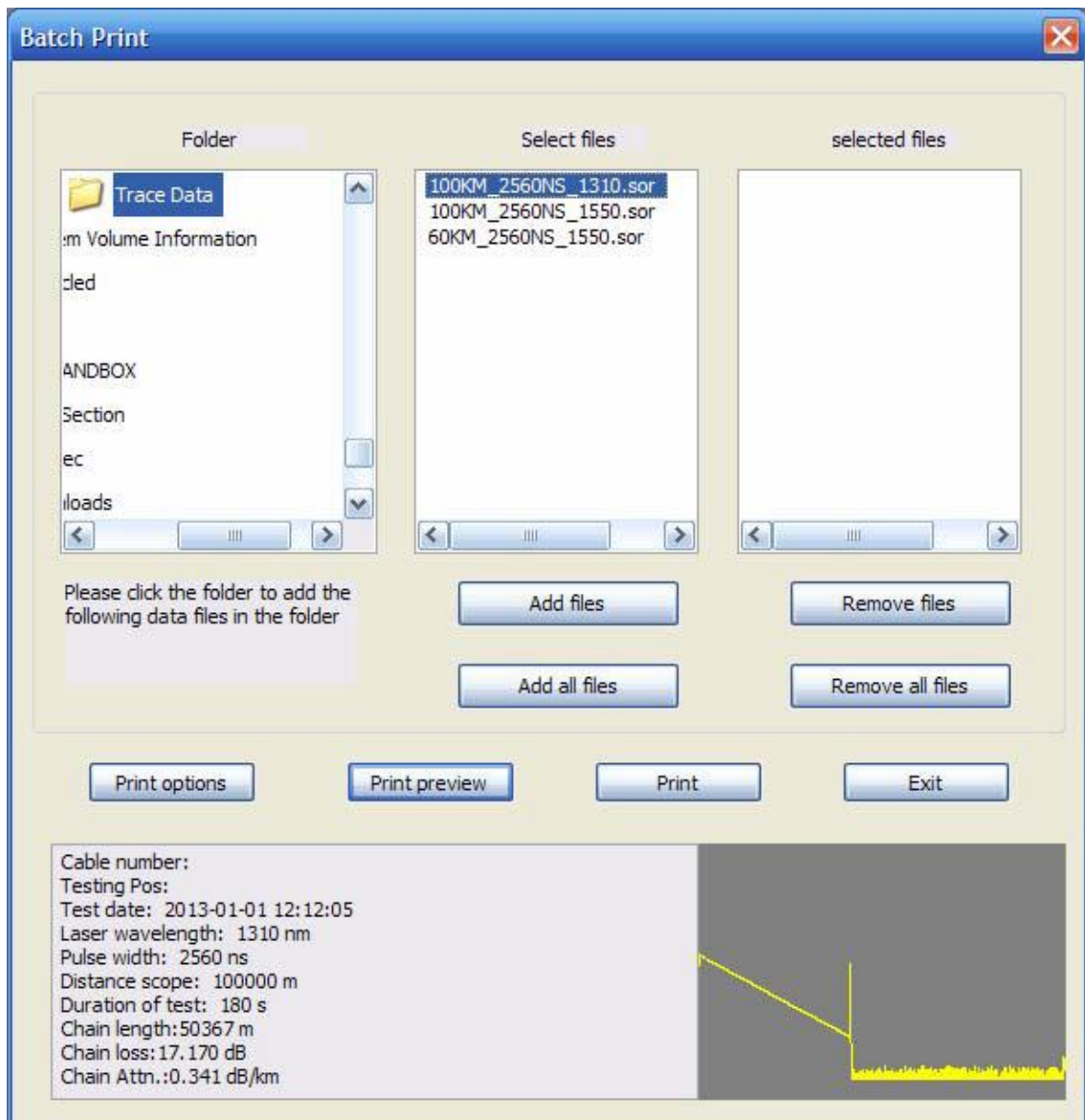


Figura 20 Diagrama de interfaz del cuadro de diálogo "Impresión por lotes"

(b) "Impresión de trazas múltiples en una sola página"

El modo de impresión solo permite la impresión de múltiples trazas en una sola página del archivo de traza en la misma carpeta. Al realizar "Impresión de trazas múltiples en una sola página", debe configurarse la configuración de página "2 formas de onda / página, 4 formas de onda / página, 6 formas de onda / página u 8 formas de onda / página" seleccionado en primer lugar. Cada configuración de página corresponde a diferentes formatos. Además, en el modo de impresión, el primer archivo de rastreo seleccionado (es decir, el superior) se define como el archivo maestro. La información de rastreo en cada página del archivo impreso debe ajustarse a la del archivo maestro.

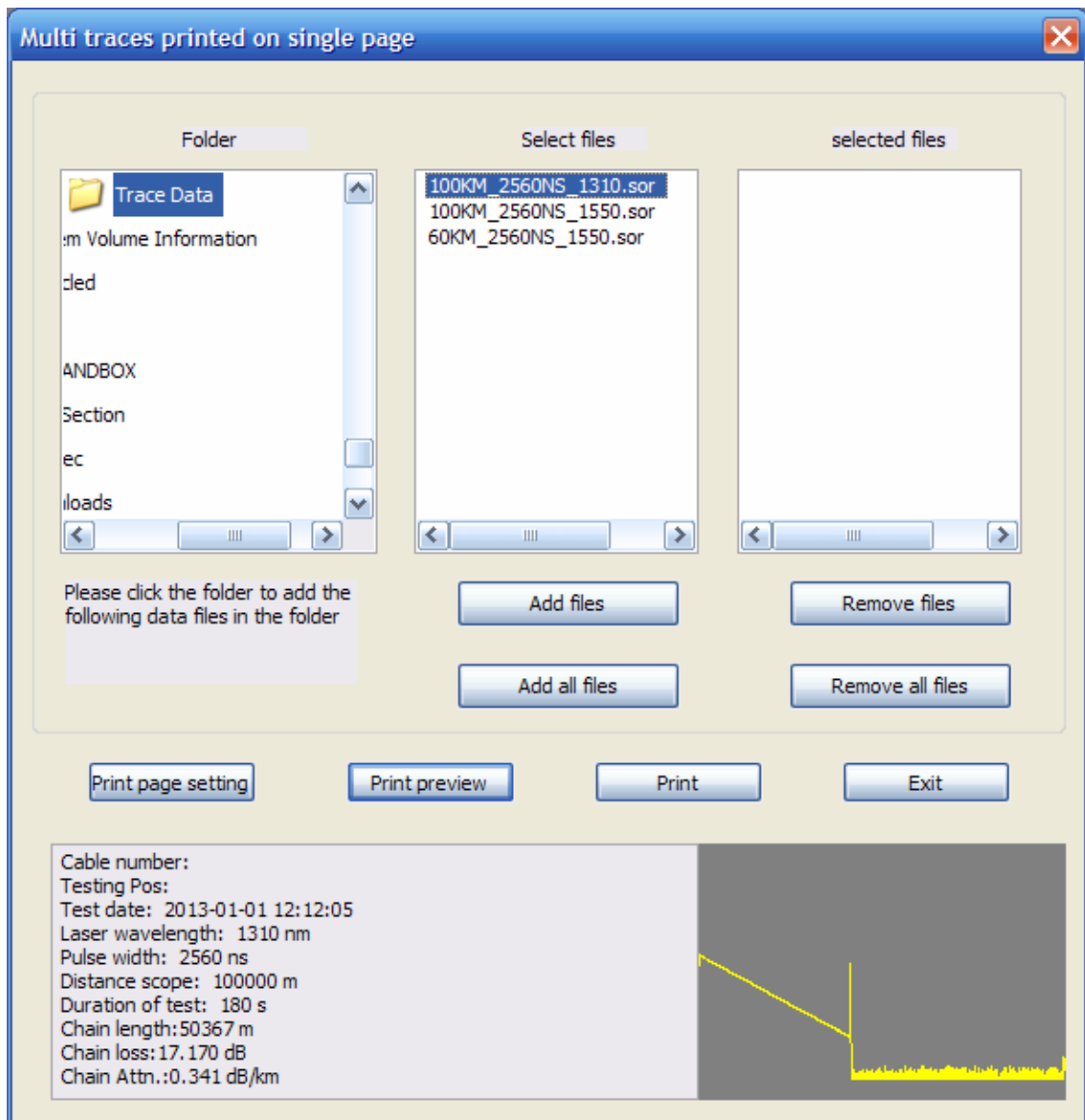


Figura 21 Diagrama de interfaz del cuadro de diálogo "Impresión de trazas múltiples en una sola página"

(c) "Mostrar e imprimir trazas múltiples"

El modo de impresión solo permite imprimir archivos de rastreo de menos de 3 en la misma carpeta. Seleccione los archivos de acuerdo con el orden 1, 2 y 3. Al imprimir, los archivos de rastreo mostrarán la información de la figura 10 y la longitud de onda correspondiente. Además, en el modo de impresión, el primer archivo de rastreo seleccionado (es decir, el superior) se define como el archivo maestro. La información de rastreo en cada página del archivo impreso debe ajustarse a la del archivo maestro.

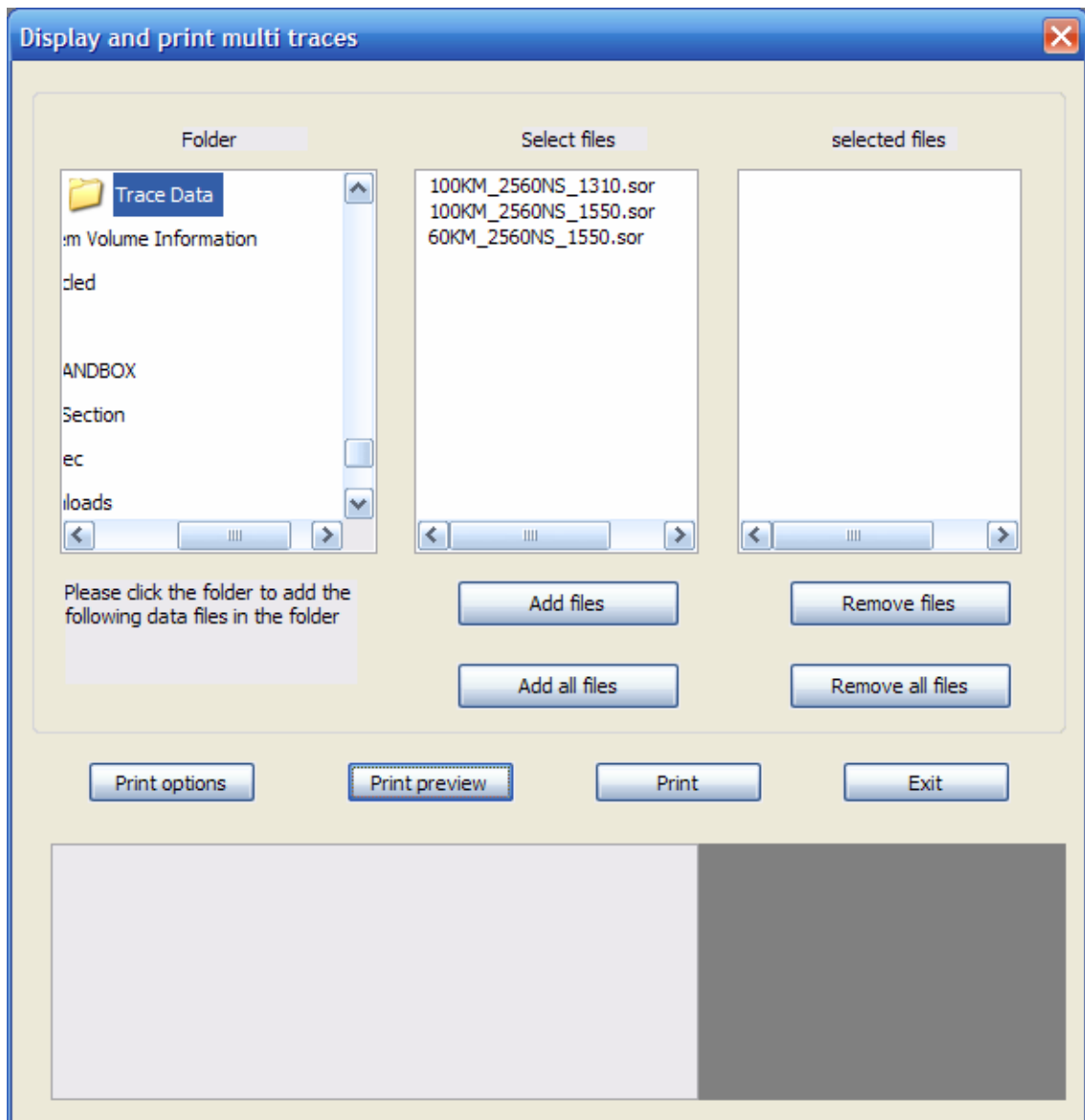


Figura 22 Diagrama de interfaz del cuadro de diálogo "Mostrar e imprimir trazas múltiples"

3.2 Instrucción del menú "Edición"

El menú "edición" es como se muestra en la figura 11. Las funciones que se pueden realizar en el menú "edición" incluyen: edición de información de seguimiento, aumento de eventos, modificación de eventos y eliminación de eventos.

A través de la "edición de información de rastreo", uno puede realizar la modificación de la información de rastreo del archivo de rastreo; a través de "aumento de eventos, modificación de eventos y eliminación de eventos", se puede realizar la modificación de la información de la lista de eventos.

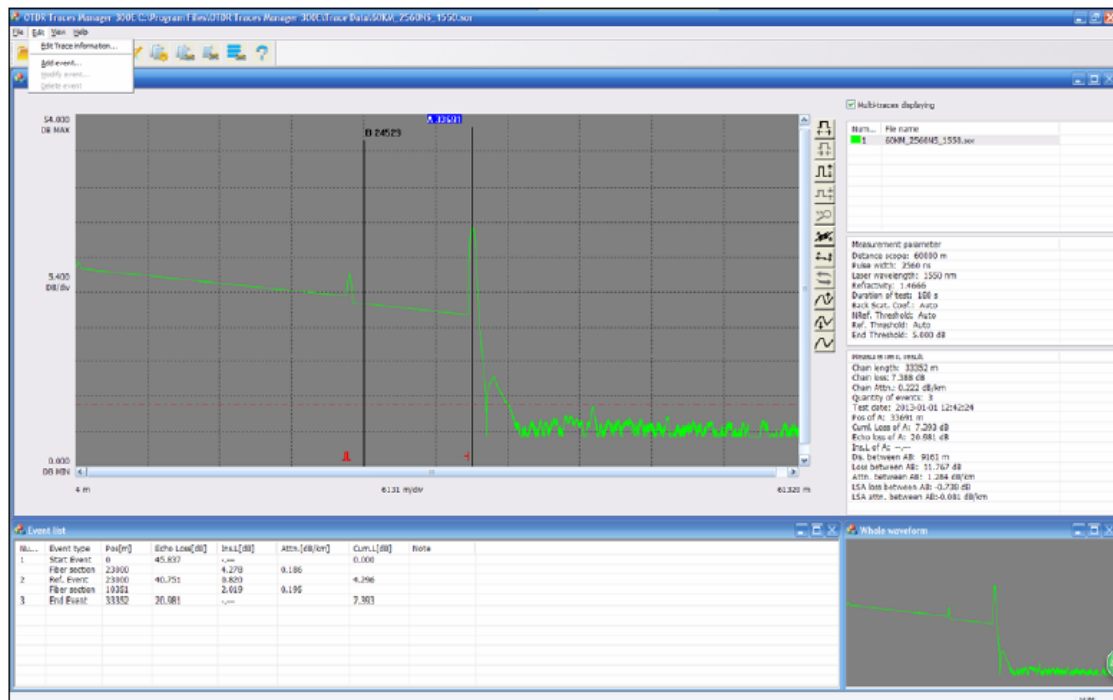


Figura 23 Diagrama de interfaz del menú "Edición"

3.3 Instrucciones del menú "Ver"

El menú "ver" es como se muestra en la figura 12. Las funciones que se pueden realizar en el menú "ver" incluyen: mostrar / ocultar la ventana de la barra de herramientas, mostrar / ocultar la ventana de la barra de estado, reorganizar la ventana, mostrar / ocultar los botones de herramientas relevantes para la operación de rastreo (incluyendo amplificación / reducción transversal / longitudinal, visualización de trazas completas), visualización / ocultación de botones de herramientas relevantes para placa de escala AB (bloqueo / cambio de línea AB), visualización / ocultación de botones de herramientas relevantes para operación de múltiples trazas (incluidas trazas conmutación, longitudinal hacia arriba / hacia abajo, restablecimiento longitudinal), visualización / ocultación de la información de la sección de fibra óptica en la lista de eventos, configuración de la unidad de distancia y configuración de estilo del fondo del área del gráfico de trazas.

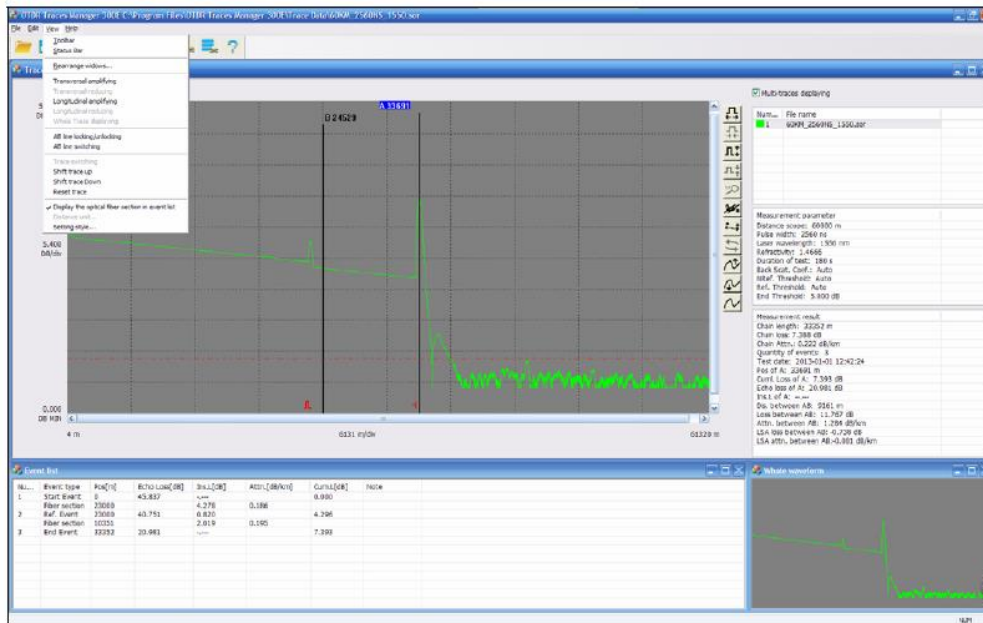


Figura 24 Diagrama de interfaz del menú "Ver"

3.4 Instrucciones del menú "Ayuda"

El menú "ayuda" es como se muestra en la figura 13. Las funciones se pueden realizar en el menú "ayuda" incluyen: guía del usuario (es decir, instrucciones del producto), información de edición.

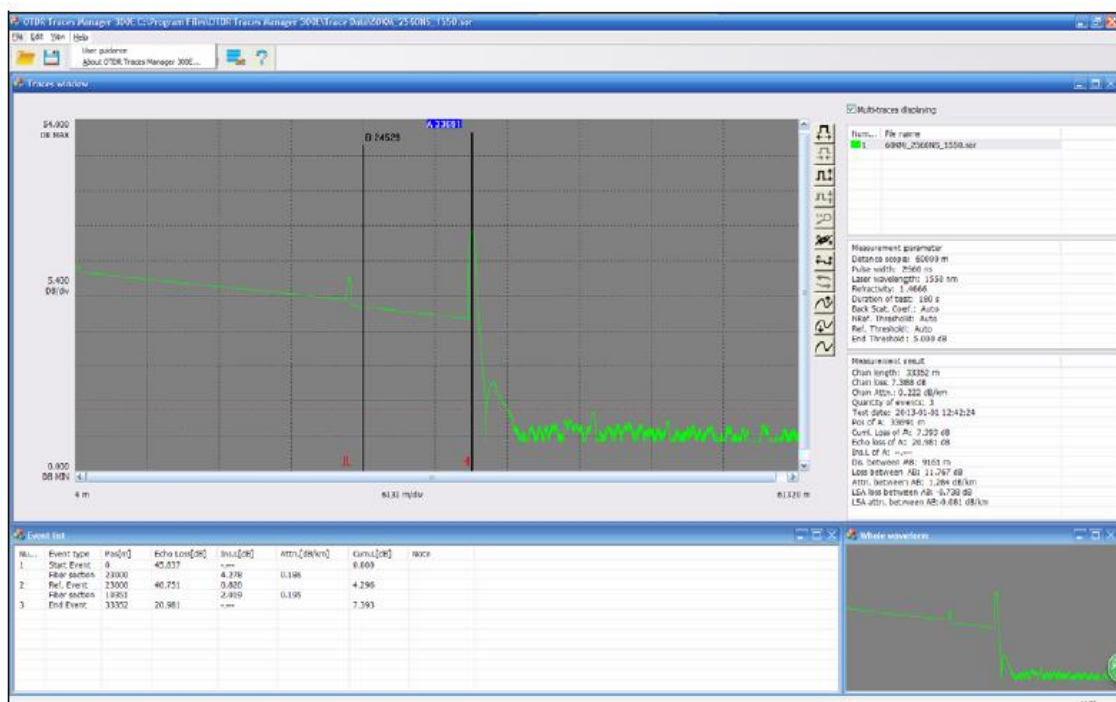


Figura 25 Diagrama de interfaz del menú "Ayuda"

4. Instrucciones de OTDR Traces Manager 300E



Figura 26 Diagrama de interfaz de la ventana "Barra de herramientas"

La ventana de la barra de herramientas está debajo de la ventana de la barra de menú. El propósito de la ventana de la barra de herramientas es hacer que las funciones principales del menú "archivo" realicen una operación rápida; al mover el mouse sobre los íconos en la ventana de la barra de herramientas, mostrarán los caracteres funcionales de los íconos; la visualización / ocultación de la ventana de la barra de herramientas se puede cambiar haciendo clic en la opción "barra de herramientas" en el menú "ver".

5. Instrucciones de OTDR Traces Manager 300E Traces Window

La ventana de forma de onda se divide en 4 áreas de visualización: gráfico de seguimiento, lista de archivos de visualización de formas de onda múltiples, parámetro de medición y resultado de medición, como se muestra en la figura 15.

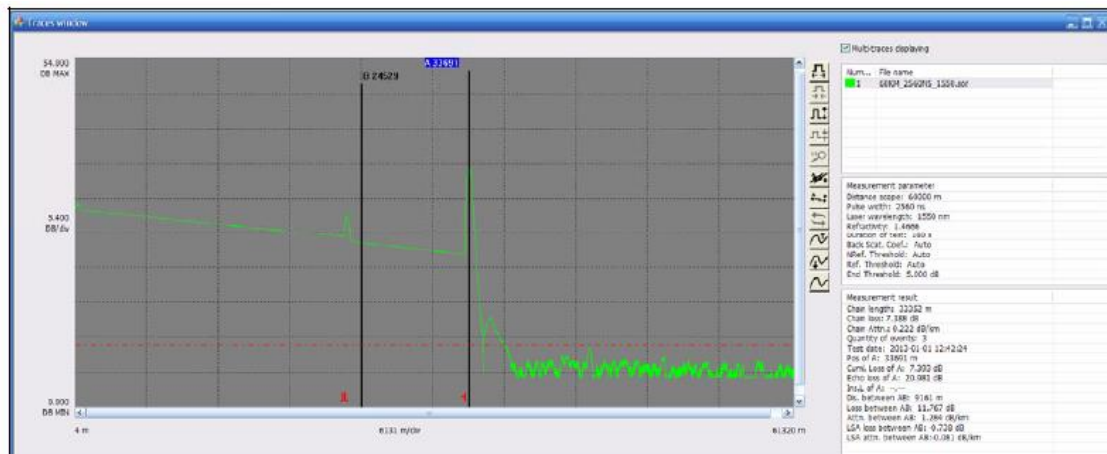


Figura 27 Diagrama de interfaz de la ventana Traces

5.1 Área de visualización de "Gráfico de seguimiento"

Seleccione la función "abrir" para realizar la visualización del archivo de seguimiento en el área del gráfico de seguimiento, como se muestra en la figura 16. El eje lateral representa la distancia (unidad: m), mientras que el eje vertical representa la potencia de dispersión posterior (Unidad: dB). Los 11 botones de icono a la derecha del área del gráfico de seguimiento representan los botones de icono de operación de seguimiento. Cuando mueva el mouse sobre estos íconos, mostrarán los caracteres funcionales de los íconos. Mientras tanto, estos 11 botones de iconos se ajustan a los del terminal del instrumento. El desplazamiento de izquierda a derecha de la placa de escala de líneas AB en el gráfico de seguimiento se puede realizar deslizando el mouse.

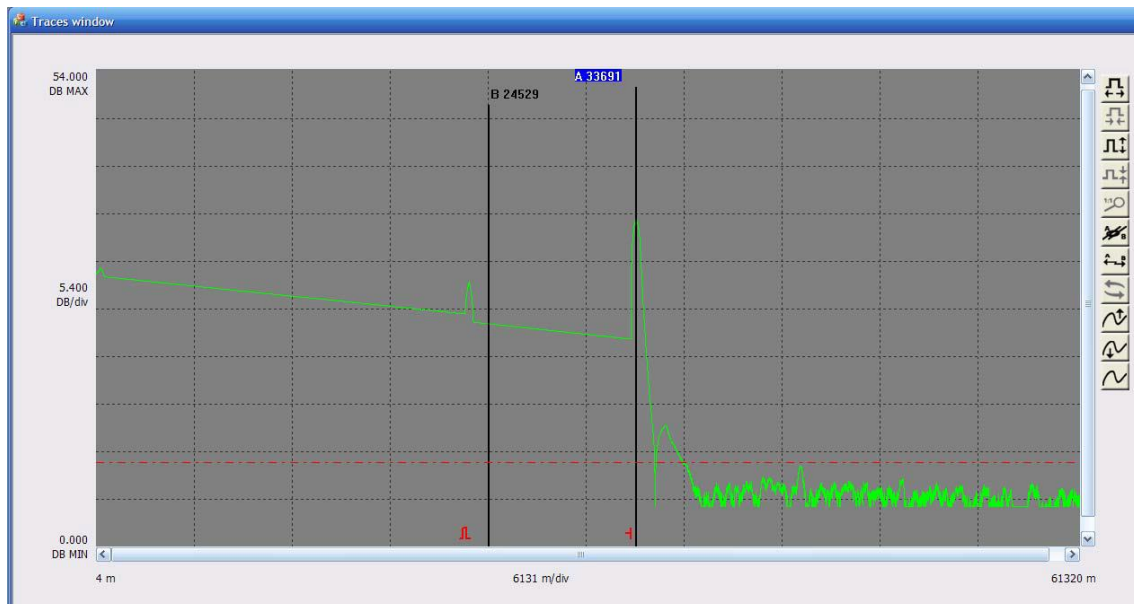
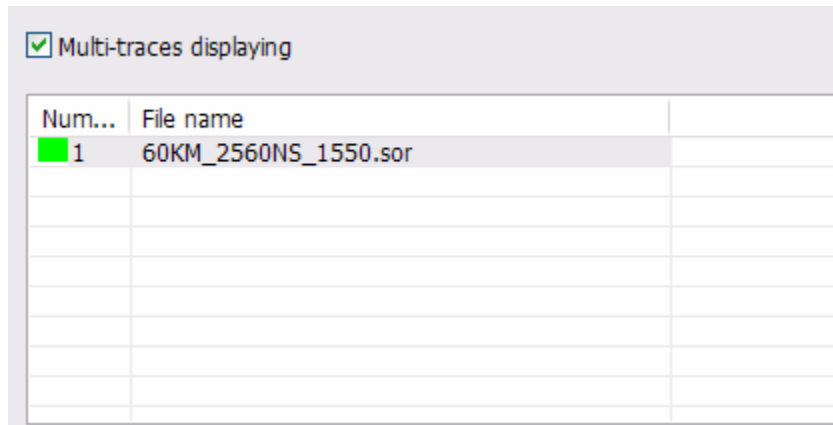


Figura 28 Diagrama esquemático del área de visualización del "gráfico de seguimiento"

5.2 Área de visualización de "Lista de archivos de visualización de múltiples trazas"

Después de seleccionar la función "abrir", el archivo de rastreo abierto se muestra en la "lista de archivos de rastreo de múltiples". Se pueden mostrar 8 archivos de rastreo como máximo. A través del botón "visualización de trazas múltiples", estos 8 archivos de traza se pueden mostrar individual o totalmente en el área del gráfico de traza. Además, estos 8 archivos de seguimiento se muestran con diferentes colores en el área del gráfico de seguimiento. En el área, a través de la tecla derecha del mouse, se pueden realizar

funciones de apertura, cierre y edición de información de rastreo de un solo archivo. La "Lista de archivos de visualización de trazas múltiples" es como se muestra en la figura 17.

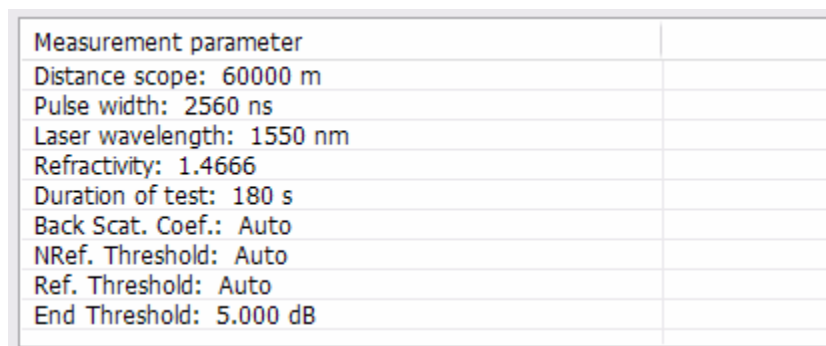


Num...	File name
1	60KM_2560NS_1550.sor

Figura 29 Diagrama esquemático del área de visualización de "Lista de archivos de visualización de trazas múltiples"

5.3 Área de visualización del "parámetro de medición"

El área de visualización del "parámetro de medición" es como se muestra en la figura 18.



Measurement parameter	
Distance scope: 60000 m	
Pulse width: 2560 ns	
Laser wavelength: 1550 nm	
Refractivity: 1.4666	
Duration of test: 180 s	
Back Scat. Coef.: Auto	
NRef. Threshold: Auto	
Ref. Threshold: Auto	
End Threshold: 5.000 dB	

Figura 30 Diagrama esquemático del área de visualización del "parámetro de medición"

5.4 Visualización del área de "Resultado de medición"

El área de visualización del "resultado de la medición" es como se muestra en la figura 19.

Measurement result	
Chain length: 33352 m	
Chain loss: 7.388 dB	
Chain Attn.: 0.222 dB/km	
Quantity of events: 3	
Test date: 2013-01-01 12:42:24	
Pos of A: 33691 m	
Cumulative Loss of A: 7.393 dB	
Echo loss of A: 20.981 dB	
Ins.L of A: ---	
Dis. between AB: 9161 m	
Loss between AB: 11.767 dB	
Attn. between AB: 1.284 dB/km	
LSA loss between AB: -0.738 dB	
LSA attn. between AB: -0.081 dB/km	

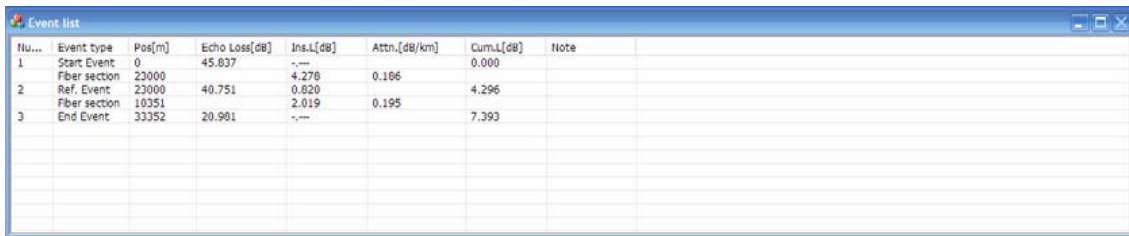
Figura 31 Diagrama esquemático del área de visualización del "resultado de la medición"

6. Instrucciones de la ventana Lista de eventos de OTDR Traces Manager 300E

La información de datos que se muestra en la ventana "lista de eventos" se ajusta a la del terminal del instrumento. Las instrucciones de cada columna en la lista de eventos son las siguientes:

- Número de serie: indica la secuencia en la que aparece el punto de evento en el enlace de fibra óptica;
- Categoría de evento: incluye inicio, finalización, evento de reflexión y evento de no reflexión;
- Posición: indica la distancia desde el conector del instrumento OTDR y la fibra óptica probada hasta el punto del evento;
- Pérdida enchufable: indica la cantidad de dB de un evento caído longitudinalmente;
- Coeficiente de atenuación: indica el valor dB de atenuación de cada kilómetro de fibra óptica entre el evento y el evento anterior en el enlace de fibra óptica;
- Coeficiente de dispersión posterior: indica la cantidad de reflexión del evento de reflexión;
- Pérdida acumulada: indica el valor dB de atenuación de la fibra óptica desde el conector del instrumento OTDR y la fibra óptica probada para el evento;

Nota: tenga en cuenta el evento modificado. La opción no proporcionará visualización de impresión.



Nu...	Event type	Pos[m]	Echo Loss[dB]	Ins.L[dB]	Attn.[dB/km]	Cum.L[dB]	Note
1	Start Event	0	45.837	-		0.000	
	Fiber section	23000		4.276	0.186		
2	Ref. Event	23000	40.751	0.820		4.296	
	Fiber section	10351		2.019	0.195		
3	End Event	33352	20.981	-		7.393	

Figura 32 Diagrama de interfaz de la ventana "Lista de eventos"

7. Instrucciones de la ventana de forma de onda completa de OTDR Traces Manager 300E

La ventana "forma de onda completa" muestra la miniatura de la traza medida, como se muestra en la figura 21.

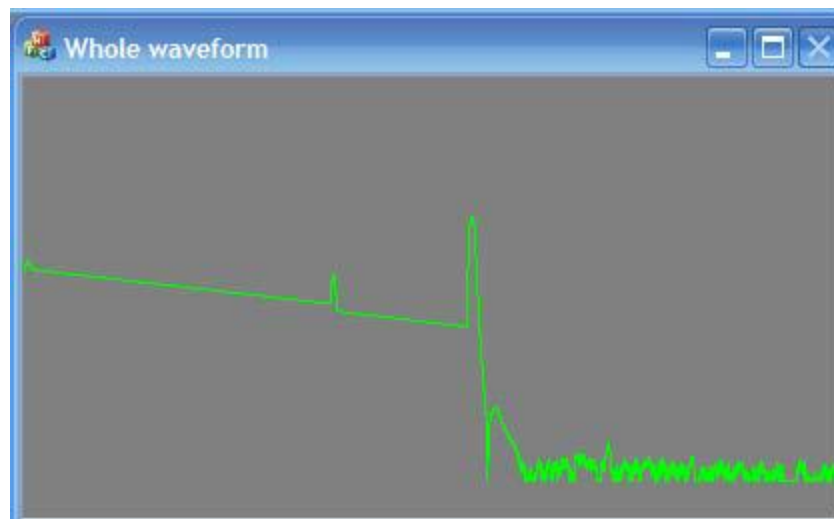


Figura 33 Diagrama de interfaz de la ventana "Forma de onda completa"

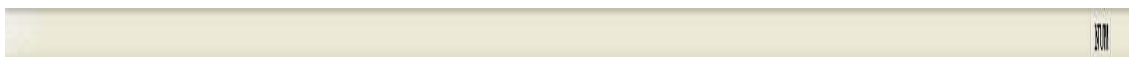


Figura 34 Diagrama de interfaz de la ventana "Barra de estado"

ANEXO 3

MANUAL EQUIPO OTDR COT-3031

CONTENIDO

1. Información general	100
1.1 Acerca de este manual	100
1.2 Inspección de desembalaje.....	100
1.3 Introducción del producto	100
El OTDR tiene las siguientes características:.....	101
Funciones básicas:	101
Características:.....	102
2. Operaciones Básicas.....	102
2.1 Prefacio	102
2.2 Conectores en el OTDR.....	103
2.3 Uso de la batería recargable.....	104
Precauciones al usar el OTDR.....	104
Carga de la batería	104
2.4 Descripción de las teclas de función.....	105
3. Conocimientos básicos sobre OTDR	107
3.1 Principios de funcionamiento de OTDR.....	107
3.2 Definición básica y clasificación de eventos	108
3.2.1 Eventos	108
3.2.2 Evento de reflexión	108
3.2.3 Evento de no reflexión	109
3.2.4 Evento de prueba	110
3.3 Funciones de medición del OTDR.....	110
3.3.1 Contenidos de medición del OTDR	110
3.3.2 Análisis de seguimiento del OTDR	110
3.4 Ventana de seguimiento del OTDR	111
3.4.1 Panel de seguimiento del OTDR	111
3.4.2 Panel de información del OTDR	112
3.4.3 Barra de herramientas del OTDR	116
3.5 Estado de carga de la batería.....	128
4. Obtención del rastreo y operaciones de rastreo existentes.....	129
4.1 Descripción de la página de inicio	129

4.2	Obtención del rastro	130
4.2.1	Obtención del seguimiento: conexión de una fibra óptica	130
4.2.2	Obtención de la traza: configuración de parámetros	130
4.2.3	Obtención de la traza: medición automática	131
4.2.4	Obtención de la traza: medición manual	132
4.2.5	Obtención de la traza: causas de falla de medición.....	133
4.3	Visualización del panel de información.....	134
4.4	Zoom en una traza horizontalmente.....	135
4.5	Alejar un rastro horizontalmente	135
4.6	Zoom en una traza verticalmente.....	135
4.7	Alejar una traza verticalmente	136
4.8	Visualización de la traza completa	136
4.9	Guardar un rastro	136
4.10	Visualización de una traza existente	137
4.11	Carga de una traza almacenada.....	138
Apéndice A Mantenimiento y Calibración.....		139
Antes de limpiar los conectores ópticos, observe las siguientes reglas de seguridad:		
	140
	Herramientas para limpiar conectores	141
	Procedimiento de limpieza.....	141
	Requerimientos de Calibración.....	141
Apéndice B Especificaciones técnicas		142
Apéndice C Información de garantía.....		143

1. Información general

1.1 Acerca de este manual

Gracias por utilizar el producto Optical Time Domain Reflectometer (OTDR) de nosotros. Antes de usar el OTDR, lea este manual detenidamente, especialmente las advertencias y precauciones, para evitar daños físicos o al producto innecesarios causados por operaciones incorrectas. Este manual cubre información que a menudo se utiliza para operar o mantener el OTDR, la guía de solución de problemas e información para obtener asistencia técnica. El producto ha sido sometido a pruebas estrictas y procesos de control de calidad antes de la entrega.

1.2 Inspección de desembalaje

El producto se transporta de conformidad con los procedimientos estándar de montaje y envío. Al recibir el OTDR, verifique cuidadosamente la lista de productos con la lista de empaque y la apariencia y calidad del producto para descubrir posibles daños físicos que puede ser causado durante el transporte. Si el paquete se encuentra dañado, conserve los materiales de embalaje originales correctamente y, mientras tanto, notifique al transportista de carga y al agente que suministra el producto para resolver adecuadamente el problema. El paquete del producto debe contener un OTDR, una tarjeta SD, un adaptador de corriente y un disco de instalación del software de análisis de PC. Si falta algún elemento en el paquete, comuníquese con el agente que suministra el producto para resolver adecuadamente el problema.

Cuando sea necesario, puede enviarnos un correo electrónico directamente.

1.3 Introducción del producto

El OTDR lanzado por nosotros es un instrumento confiable utilizado para caracterizar una fibra óptica. Presenta un tamaño compacto y operaciones simples, y adopta el diseño industrial ergonómico y la pantalla LCD táctil. El OTDR admite la función de almacenamiento de datos. Los datos pueden analizarse utilizando el software de PC para obtener la calidad de transmisión de una fibra óptica. Además, los resultados de la medición

se pueden procesar, archivar e imprimir posteriormente. Con los datos e imágenes medidos por el OTDR, puede evaluar las características de todo el enlace óptico. En particular, la característica de pérdida y la distribución de eventos de la fibra bajo prueba se muestran visualmente.

Puede usar el OTDR para verificar periódicamente si un enlace cumple con los requisitos de especificación.

Para registrar la calidad de transmisión de una fibra óptica, debe medir la ruta óptica, la pérdida total y las pérdidas de todos los conectores. Al verificar los puntos de evento de las fibras ópticas, los ingenieros que instalan y mantienen las fibras ópticas pueden señalar fallas de las fibras ópticas, localizar puntos de evento y medir la atenuación entre puntos de evento, pérdidas incurridas y uniformidad de atenuación. En una palabra, el OTDR es una herramienta indispensable para la fabricación, instalación o mantenimiento de fibras o cables ópticos.

El OTDR tiene las siguientes características:

Funciones básicas:

- a) Mida la longitud de una fibra óptica o cable.
- b) Mida la distancia entre dos puntos en una fibra óptica o cable.
- c) Determine la ubicación de fallas o roturas en una fibra óptica o cable.
- d) Describa la traza de distribución de pérdidas de una fibra óptica o cable.
- e) Mida el coeficiente de atenuación de una fibra óptica o cable.
- f) Mida la pérdida entre dos puntos en una fibra óptica o cable.
- g) Mida la pérdida de inserción de un conector en una fibra óptica o cable.
- h) Mida la reflexión de un evento de reflexión en una fibra óptica o cable.

Para un evento específico (los cambios en la transmisión óptica se caracterizan debido a empalmes, conectores o flexiones en un enlace óptico), el OTDR puede medir los siguientes elementos:

- a) Mida la distancia, la pérdida y el reflejo de un evento.
- b) Mida la longitud y la pérdida (dB o dB / km) de una sección óptica.
- c) Mida la longitud y la pérdida (dB) de todo el enlace óptico.

Características:

- Touch Pantalla táctil de 3.5 ', que facilita las operaciones
- Tamaño compacto y peso ligero
- Visualización gráfica de los datos de rastreo y operaciones simples.
- Almacenamiento de los datos de rastreo
- Puerto USB
- Software de análisis de PC, que se entrega con el producto y se puede usar para hacer una copia de seguridad y archivar los datos de medición
- Fuente de alimentación de CA o CC
- Cuando está completamente cargada, la batería admite más de 10 horas de funcionamiento continuo del OTDR.

2. Operaciones Básicas

2.1 Prefacio

Este capítulo describe los métodos básicos para operar el OTDR, incluidas las teclas y los conectores de uso frecuente. Las operaciones de la pantalla táctil tienen las mismas funciones que las operaciones del teclado. Este manual proporciona solo una breve descripción sobre las operaciones de la pantalla táctil. Si encuentra algún problema al usar el OTDR, comuníquese con los ingenieros de soporte técnico de nosotros o con el agente local.

2.2 Conectores en el OTDR

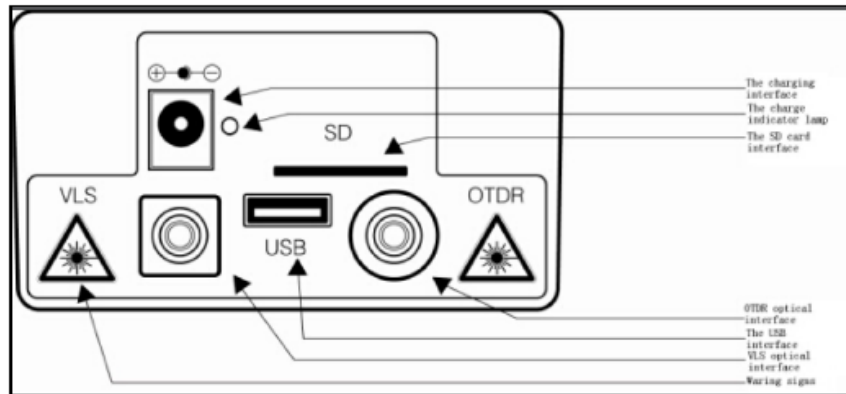


Figura 2.1 Vista superior del OTDR

• Conector óptico

Todos los conectores ópticos en el OTDR son conectores FC / UPC, que son intercambiables con los conectores SC / ST.

• Conector de alimentación

Requisitos para el conector de alimentación: 15V DC 1.0A

• Conector de datos

Conector USB: se puede usar una unidad flash USB para importar los datos al software de análisis de datos de la PC que se entrega con el OTDR para su posterior análisis. Conector de tarjeta SD: es el conector de almacenamiento de datos en el que se inserta una tarjeta SD.

• Indicador POWER

Cuando el OTDR está encendido o se está cargando, el indicador POWER está encendido. El color del indicador cambia con la cantidad de energía de la batería. Cuando la batería está completamente cargada en el estado de apagado del OTDR, el indicador está apagado.

• OTDR / VLS

Son los conectores ópticos del OTDR y VLS. Todos los conectores ópticos son conectores FC / UPC, que son intercambiables con los conectores SC / ST.



Radiación láser invisible

NO mire los conectores ópticos ni use directamente un dispositivo óptico para ver los conectores ópticos a simple vista.

2.3 Uso de la batería recargable

El OTDR utiliza una batería de iones de litio incorporada.

Precauciones al usar el OTDR

- a) Si la energía de la batería es baja cuando el OTDR está funcionando, se muestra un icono de batería baja en la pantalla LCD y el OTDR se apaga automáticamente.

- b) La energía de la batería puede ser baja porque el OTDR no se ha utilizado durante mucho tiempo. En tal caso, si intenta encender el OTDR, el OTDR se encenderá durante unos segundos y luego se apagará para evitar una descarga excesiva de la batería. En este momento, debes usar el adaptador de corriente para cargar la batería incorporada inmediatamente.

Carga de la batería

- a) Cargue rápidamente la batería hasta que el voltaje alcance el valor preestablecido, y luego cargue la batería por goteo. La temperatura de carga rápida de la

batería varía de 5 C a 45 C, mientras que la temperatura de carga lenta varía de 0 C a 55 C. La batería es adecuada para uso en interiores. Cuando la temperatura de carga está fuera del rango de temperatura, la batería no se puede cargar completamente o la batería puede dañarse, lo que afecta la vida útil de la batería.

- b) Cargue rápidamente la batería durante 3 horas.
- c) NO cargue la batería por más de 8 horas.

2.4 Descripción de las teclas de función

[Enter]



- En la página de inicio, presione esta tecla para implementar la función correspondiente a la tecla. Durante la operación del menú, presione esta tecla para que la operación actual surta efecto.

- Presione [Enter] junto con [Shift/] para cambiar entre los marcadores A y B.

[▲] o [▼]

Las funciones principales de estas teclas son las siguientes:

- Mueva la barra de menú hacia arriba o hacia abajo durante la operación del menú.
- Seleccione un icono para la operación.
- Ajuste los valores de los parámetros durante la configuración de los parámetros.
- Presione [▲] o [▼] junto con [Shift/] para acercar o alejar las trazas de comparación verticalmente.

[◀] o [▶]

Las funciones principales de estas teclas son las siguientes:

- Seleccione el parámetro a modificar durante la configuración del parámetro o la operación del menú.
- Mueva el marcador hacia la izquierda o hacia la derecha durante la operación de rastreo.
- Página arriba o abajo de la información de ayuda.
- Presione [◀] o [▶] junto con [Mayús /] para acercar o alejar las trazas de comparación horizontalmente.

[ESC]

Las funciones principales de estas teclas son las siguientes:

- Cancele la operación actual.
- Salir de la configuración de parámetros.
- Cambie el contenido que se muestra en la ventana de información.
- Presione [ESC] junto con [Shift /] para ir al siguiente punto del evento.

[Shift/⏏]

Esta tecla se usa junto con otras teclas para implementar funciones relacionadas.



Enciende o apaga el OTDR.

[Run/Stop]

En la página de inicio, presione esta tecla para iniciar una medición. Durante un proceso de medición, presione esta tecla para detener la medición.

En la página de medición, presione [Ejecutar / Parar] junto con [Shift /] para implementar una medición en tiempo real.

[VFL]

Mantenga presionado [VFL] durante 2 segundos y el conector óptico VLS emite la luz roja continua. Presione [VFL] nuevamente, y el conector óptico VLS emite la luz roja del pulso. Presione [VFL] nuevamente, y el conector óptico VLS deja de emitir la luz roja.

3. Conocimientos básicos sobre OTDR

3.1 Principios de funcionamiento de OTDR

El reflectómetro de dominio de tiempo óptico es el nombre completo de OTDR. OTDR es un instrumento optoelectrónico integrado preciso hecho de acuerdo con la dispersión posterior que se genera a partir de la dispersión de Rayleigh y la reflexión de Fresnel cuando las luces se transmiten en la fibra óptica. Es ampliamente utilizado en el mantenimiento, construcción y monitoreo de líneas de cable. Puede medir la longitud de la fibra óptica, la atenuación de la transmisión de la fibra óptica, la atenuación del empalme y la ubicación de la falla, etc.

Cuando el pulso se transmite hacia abajo junto con la fibra óptica, y algunos pequeños cambios (como cambios de refractividad y discontinuidad) en el material hacen que las luces se dispersen en diferentes direcciones, se produce la dispersión de Rayleigh. Las luces parciales se dispersan de regreso junto con la dirección opuesta al pulso, por lo tanto, se llama dispersión de retorno de Rayleigh. La luz de dispersión posterior muestra detalles de atenuación relacionados con la longitud. La información relacionada con la longitud se obtiene a través del tiempo (es decir: origen del dominio del Reflectómetro de dominio de tiempo óptico). Esta señal de dispersión posterior indica el grado de atenuación (pérdida / distancia) causado por la fibra óptica.

La curva formada es una curva descendente, que refleja las características de transmisión de la fibra óptica.

Cuando las luces transmitidas hacia abajo junto con la fibra óptica encuentran un cambio repentino de densidad de material, se produce la reflexión de Fresnel. El cambio de densidad del material puede ocurrir en las partes de conexión o fractura donde existía el

espacio de aire. OTDR utiliza este fenómeno para confirmar con precisión la posición del punto de discontinuidad junto con la longitud de la fibra óptica.

En comparación con la dispersión de Rayleigh, la reflexión de Fresnel reflejará muchas luces. El poder de la reflexión de Fresnel es decenas de miles de veces mayor que el de la dispersión posterior. La fuerza de reflexión se determina de acuerdo con el grado de cambio de refractividad.

3.2 Definición básica y clasificación de eventos

3.2.1 Eventos

Los eventos en la fibra óptica indican estos puntos anormales que causaron pérdida o cambio repentino de la potencia de reflexión más allá de la dispersión normal del material de fibra óptica, incluidos varios tipos de conexión y flexión, pérdida de falla o fractura en el enlace de fibra óptica.

Los puntos de evento que se muestran en la pantalla son los puntos anormales en la fibra óptica que condujeron a la desviación de la traza, que se clasifican con símbolos especiales en la traza.

Los eventos incluyen "evento de reflexión" y "evento de no reflexión".

3.2.2 Evento de reflexión

Cuando se refleja la energía del pulso óptico (como en el conector), se produce un evento de reflexión.

En la traza, el evento de reflexión se muestra como señal de pico, como se muestra en la figura 3.1.

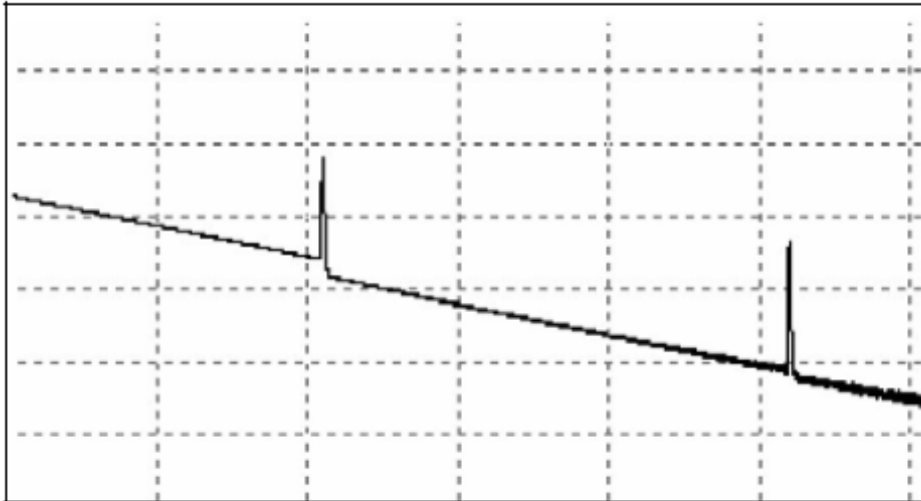


Figura 3.1 Evento de reflexión

3.2.3 Evento de no reflexión

El evento de no reflexión trae pérdida en todo el enlace de transmisión de fibra óptica, pero no hay reflejo de luz. En la curva, el evento de no reflexión se muestra como una caída de la potencia óptica, como se muestra en la figura 3.2.

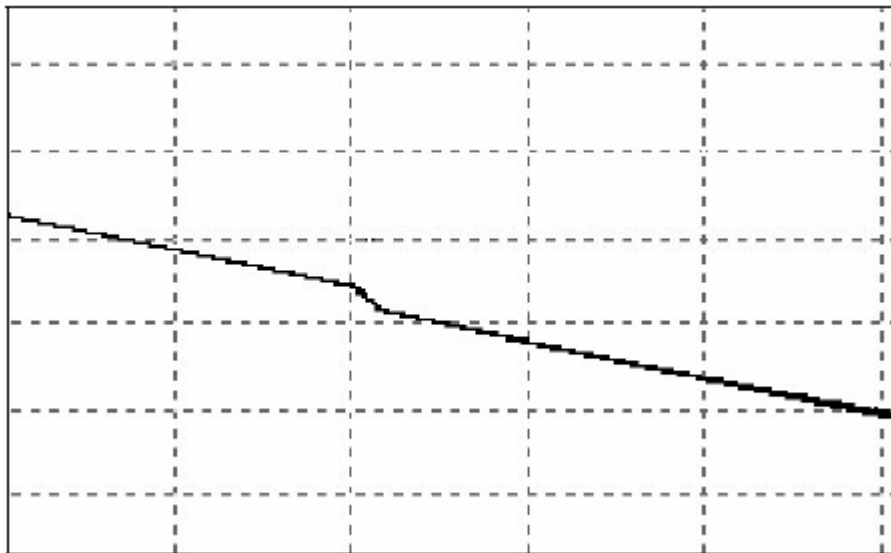


Figura 3.2 Evento de no reflexión

3.2.4 Evento de prueba

OTDR envía pulso óptico a la fibra óptica que esperaba la inspección, luego, comienza a aceptar la señal óptica devuelta inmediatamente y calcula la distancia del "evento" en la fibra óptica. Cuanto más se desarrolle el evento, mayor será el tiempo para volver a otdr. La distancia se puede calcular de acuerdo con el tiempo al recibir el evento.

Al inspeccionar la curva de la señal reflejada, se pueden confirmar las características de transmisión óptica de fibra óptica, conector y junta.

3.3 Funciones de medición del OTDR

OTDR muestra la potencia de la señal devuelta relacionada con la distancia. La información se puede utilizar para confirmar la calidad de transmisión de un enlace de fibra óptica.

3.3.1 Contenidos de medición del OTDR

- Posición (distancia) del evento, resultado o posición fracturada del enlace de fibra óptica;
- Coeficiente de atenuación de fibra óptica en el enlace de fibra óptica;
- Pérdida de un solo evento (por ejemplo, un conector óptico o flexión), o pérdidas totales de extremo a extremo en el enlace de fibra óptica;
- Amplitud de reflexión (o nivel de reflexión) de un evento, como un conector.

3.3.2 Análisis de seguimiento del OTDR

OTDR analiza la curva automáticamente. Ubicación de la curva:

- Evento de reflexión generado a partir de la conexión y el conector mecánico;
- Evento de no reflexión (usualmente un empalme de fusión);
- Agrupación de fibra óptica: al escanear el primer evento de pérdida que es mayor que el umbral de agrupación, OTDR detecta la agrupación de fibra óptica;

- Lista de eventos: la categoría de eventos, pérdida, reflexión y distancia se enumeran a través de cálculo.

3.4 Ventana de seguimiento del OTDR

La Figura 3.3 muestra la traza medida por el OTDR.

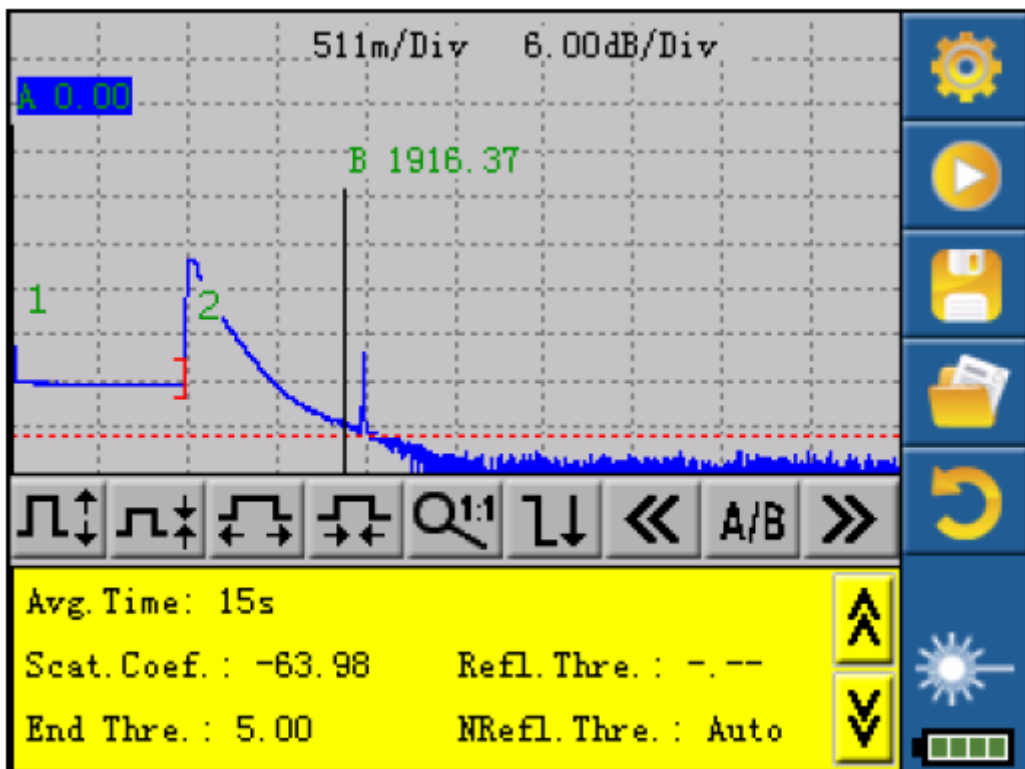


Figura 3.3 Ventana de visualización de rastreo

3.4.1 Panel de seguimiento del OTDR

El panel de rastreo muestra el último rastreo medido por el OTDR.

Después de que el OTDR completa una medición, la potencia de reflexión se muestra como la función de la distancia. El diagrama en el que la potencia varía con la distancia se define como una traza.

El resultado de la medición del OTDR se muestra como un gráfico en la pantalla. El eje vertical representa la potencia, mientras que el eje horizontal representa la distancia, como se muestra en la Figura 3.4.

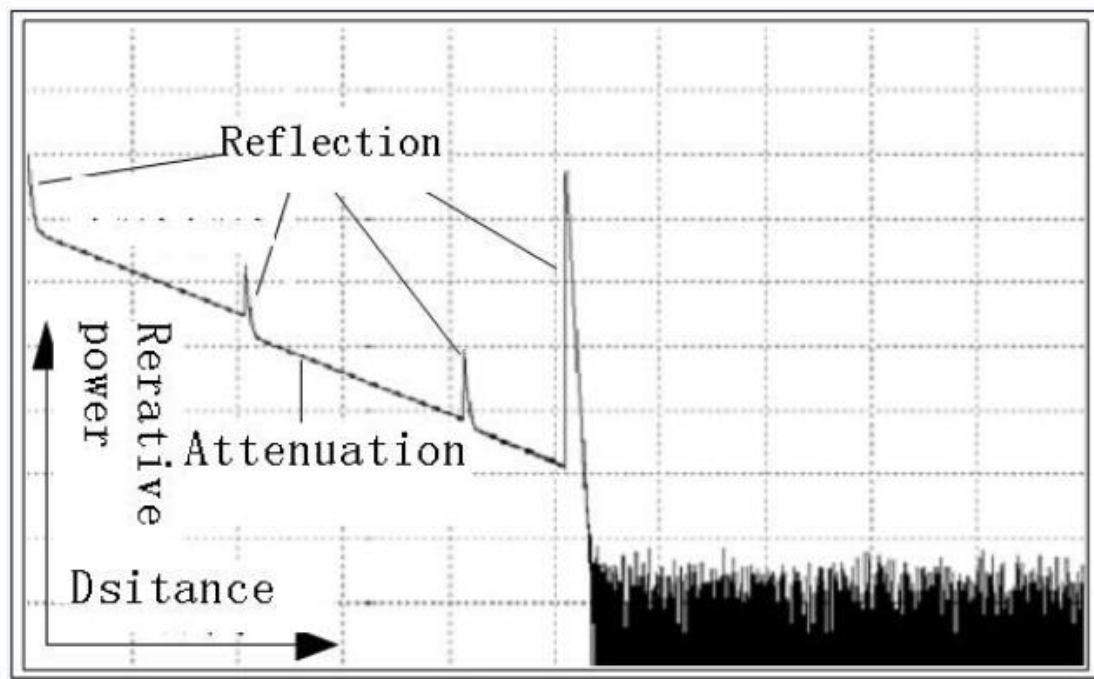


Figura 3.4 Trazado y coordenadas

3.4.2 Panel de información del OTDR

El panel de información muestra el parámetro medido, las listas de eventos, el marcador A / B y los parámetros analizados.

3.4.2.1 Parámetros de medición de trazas

Los parámetros de medición más importantes y los parámetros de análisis de la traza siempre se muestran en el panel de información, como se muestra en la Figura 3-5.

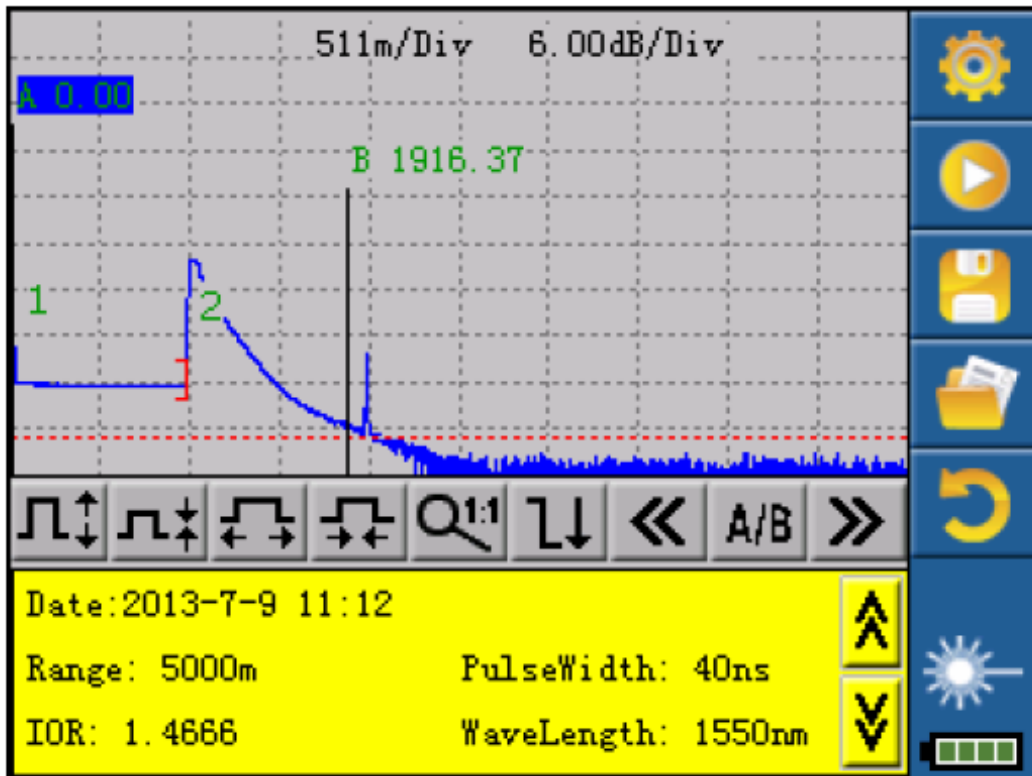




Figura 3.5 Parámetros de medición de rastreo

Como se muestra en la Figura 3-5, los parámetros de medición de la traza incluyen la atenuación del enlace, la longitud del enlace, la pérdida del enlace, la duración de la medición, la fecha de medición, el rango de distancia, el ancho del pulso, la frecuencia de reflexión y la longitud de onda del láser. Para la definición y la configuración de estos parámetros, vea sección 3.4.3.2 "Operaciones de configuración de parámetros". Para ver estos parámetros, presione [ESC] o toque  o  en la pantalla táctil para subir o bajar los datos en el panel de información.

3.4.2.2 Lista de eventos

La lista de eventos indica las posiciones de los eventos bajo prueba. Eventos sin reflexión (como empalmes) y eventos de reflexión (como conectores y cualquier punto de referencia definido) serán se muestra en la lista de eventos. Todos los puntos del evento están marcados con iconos rojos, como se muestra en la Figura 3.6.

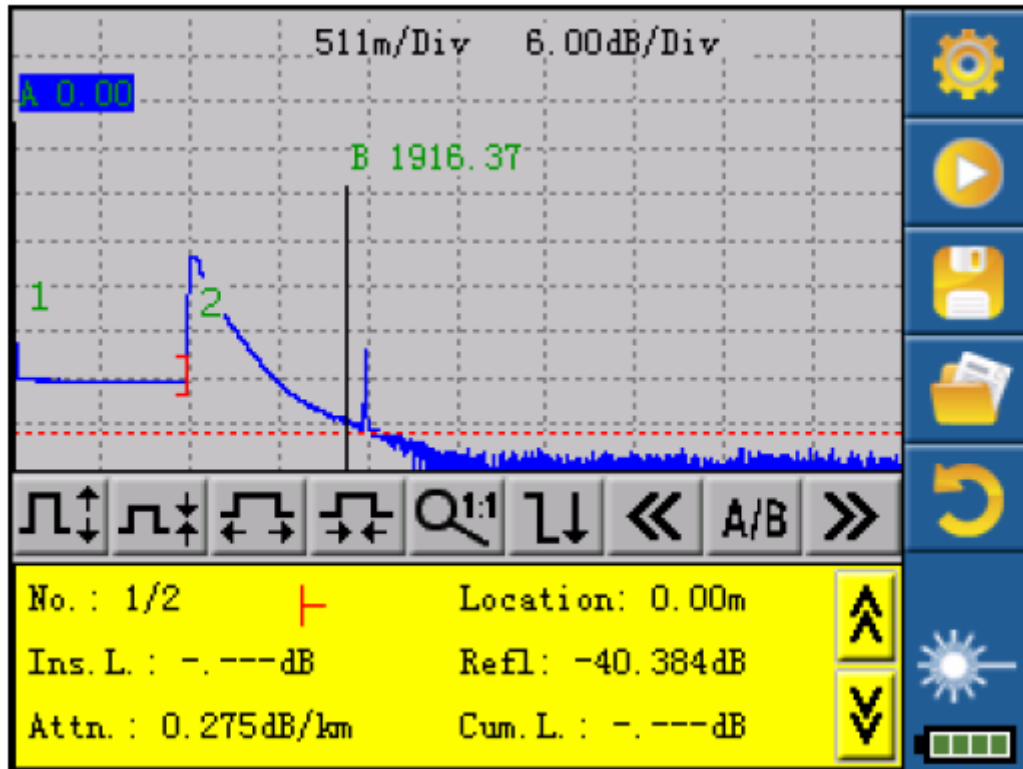


Figura 3.6 Lista de eventos

- Número de serie: "2/2" indica que hay un total de dos eventos en la traza, y la información sobre el segundo evento se muestra actualmente.
- Posición: indica la distancia desde el punto de inicio de la fibra óptica hasta el evento.
- Reflexión: Indica la intensidad de reflexión del evento de reflexión.
- Pérdida de inserción: indica el tamaño de la pérdida de inserción del evento.
- Coeficiente de atenuación: indica las características de atenuación de la sección de fibra entre el punto de evento anterior y el punto de evento actual.
- Pérdida acumulativa: indica la pérdida de la fibra óptica desde el punto de inicio de la fibra óptica hasta el punto del evento.

3.4.2.3 Información sobre el marcador A / B

Se utiliza un marcador para identificar y analizar un solo evento, trazar sección y distancia. La información del marcador incluye la distancia, la pérdida entre dos marcadores y el coeficiente de atenuación entre dos marcadores, como se muestra en la Figura 3.7.

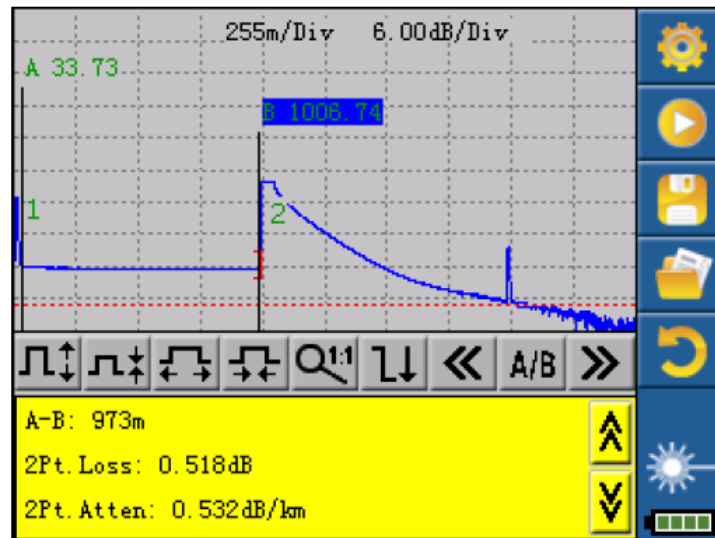


Figura 3.7 Información sobre el marcador A / B

Los siguientes parámetros se miden entre los marcadores A y B. Cuando se cambia cualquier marcador, los valores registrados cambiarán en consecuencia.

- A-B: indica la distancia entre los marcadores A y B.
- Pérdida A-B: indica la pérdida entre los marcadores A y B e identifica la diferencia de potencia en la dirección vertical de los marcadores A y B.
- Atenuación A-B: es el coeficiente de atenuación de la fibra óptica entre los marcadores A y B.

3.4.2.4 Información sobre el enlace de fibra óptica

La información sobre el enlace de fibra óptica incluye la atenuación del enlace, la longitud del enlace y la pérdida del enlace del enlace óptico bajo prueba, como se muestra en la Figura 3.8.

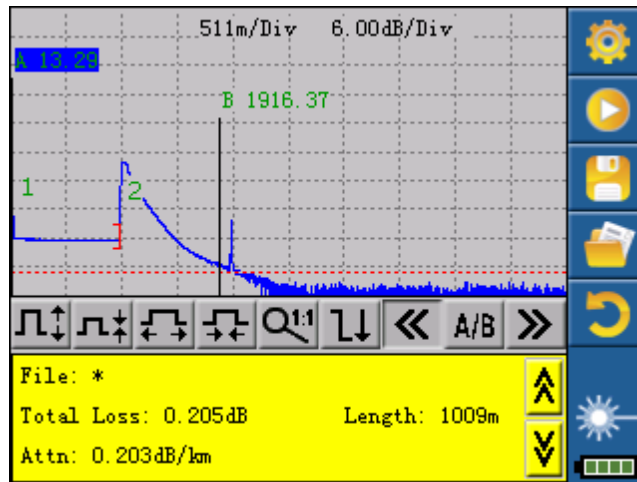















Figura 3.8 Información sobre el enlace de fibra óptica

3.4.3 Barra de herramientas del OTDR

3.4.3.1 Iconos en la barra de herramientas

Icono de herramienta	Descripción
	Establecer parámetros.
	Inicie o detenga la prueba.
	Guardar un archivo.
	Abre un archivo.
	Regrese a la página de INICIO.
	Amplíe la traza verticalmente.

	Aleje el trazado verticalmente.
	Amplíe la traza horizontalmente
	Aleje el trazado horizontalmente.
	Cambie entre el diagrama de acercamiento y la escala original.
	Salta al siguiente punto del evento.
	Mueva el marcador hacia la izquierda.
	Cambiar entre los marcadores A y B.
	Mueva el marcador hacia la derecha.
	Paginación de la lista de eventos
	Página abajo de la lista de eventos

3.4.3.2 Operaciones de configuración de parámetros

La configuración precisa de los parámetros es obligatoria para la medición precisa de una fibra óptica.

Por lo tanto, antes de usar el OTDR, debe establecer los parámetros según sea necesario. A continuación, se describe a quién configurar los parámetros en detalles.

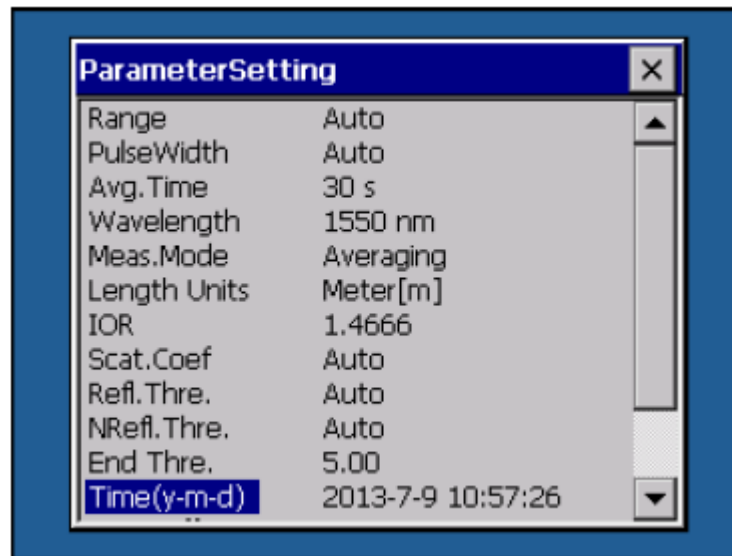


Figura 3.9 Página de configuración de parámetros

Puede configurar los parámetros utilizando las teclas del teclado o tocando la pantalla táctil.

Puede presionar [▲] o [▼] para seleccionar el icono de configuración de parámetros, y presionar [Enter] para ingresar o [ESC] para salir de la página de configuración de parámetros.

Alternativamente, puede tocar los elementos correspondientes en la pantalla táctil para configurar los parámetros.

Las operaciones de configuración en la pantalla táctil tienen los mismos efectos que las operaciones del teclado.

La Figura 3.9 muestra la página de configuración de parámetros.

Definiciones de parámetros de medición

rango de distancia	Longitud de fibra óptica correspondiente a la traza completa
ancho de pulso	Ancho del pulso láser que se transmite desde el OTDR a la fibra óptica
Duración de la medición	Seleccione el tiempo de prueba apropiado
longitud de onda láser	Seleccione una prueba de longitud de onda láser
modo de monitoreo	Seleccione un modo de medición.
Unidad de longitud	Seleccione una unidad de longitud adecuada.
Tasa de reflexión	Es la velocidad de reflexión de una fibra óptica, que afecta la velocidad de transmisión de la luz en la fibra óptica.
coeficiente de dispersión	Afecta el poder de dispersión posterior de la luz en la fibra óptica
Umbral de no reflexión	Cualquier evento con una pérdida de inserción superior a este umbral se muestra en la lista de eventos
umbral de reflexión	Cualquier evento con una intensidad de reflexión igual o superior a este umbral se muestra en la lista de eventos
Umbral final	El primer evento con la pérdida de inserción igual o superior a este umbral se considera el final de la fibra óptica, y todos los eventos posteriores se ignorarán.
Hora	Establece la hora actual del sistema.
Apagado automático	Establezca si el OTDR se apaga automáticamente cuando no se realiza ninguna operación de pantalla o teclado en cinco minutos.
idioma	Seleccione el idioma que se muestra en la pantalla.
Predeterminado	Configuraciones predeterminadas de parámetros
Ayuda	Mostrar la información de ayuda

Establecer el rango de distancia

Generalmente, el rango de distancia se establece en función de la longitud real de la fibra óptica. De esta manera, se puede garantizar la precisión de la medición.

En la página de configuración de parámetros, presione [▲] o [▼] para seleccionar Rango de distancia. Presione [Enter] para entrar o [ESC] para salir de la página de configuración del rango de distancia.

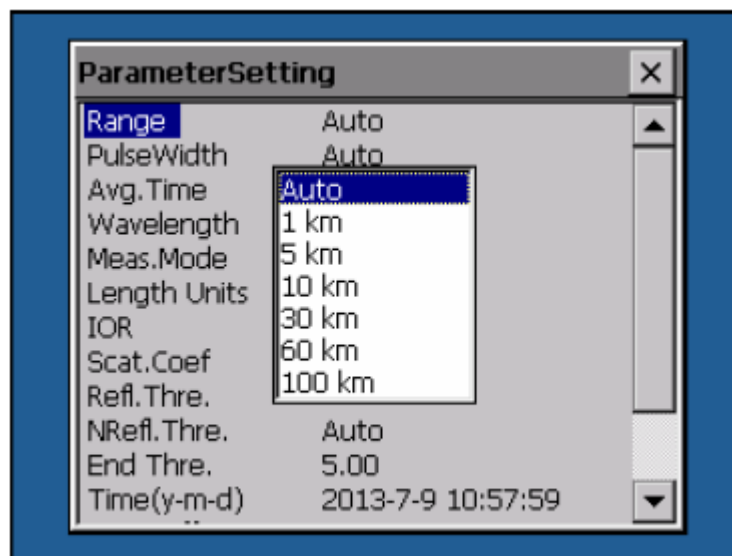


Figura 3.10 Configuración del rango de distancia

Presione [▲] o [▼] para seleccionar un rango de distancia apropiado, y presione [Enter] para que la configuración sea efectiva.



- **Auto** es el modo de medición automática del OTDR. Si se selecciona esta opción, el OTDR seleccionará un rango de medición apropiado para la fibra óptica bajo prueba de manera inteligente, y seleccionará automáticamente un ancho de pulso apropiado para la medición. Todo el proceso de medición no requiere la participación de los usuarios.

- El valor predeterminado del **rango de distancia** es Auto.

Ajuste del ancho de pulso

La selección de un ancho de pulso afecta el rango dinámico y la resolución de la traza de prueba. Si se selecciona la prueba de ancho de pulso estrecho, se puede lograr una resolución de distancia más alta y una zona muerta más pequeña, pero el rango dinámico disminuye. Por el contrario, si se selecciona la prueba de ancho, se puede probar una distancia más larga de fibra óptica, pero la resolución de la distancia es menor y la zona muerta es mayor. Por lo tanto, los usuarios necesitan equilibrar entre el rango dinámico y la zona muerta.

Se proporcionan diferentes opciones de ancho de pulso como referencia, dependiendo del rango de distancia seleccionado.

En la página de configuración de parámetros, presione [▲] o [▼] para seleccionar Ancho de pulso. Presione [Enter] para ingresar o [ESC] para salir de la página de configuración de ancho de pulso, como se muestra en la Figura 3.11.

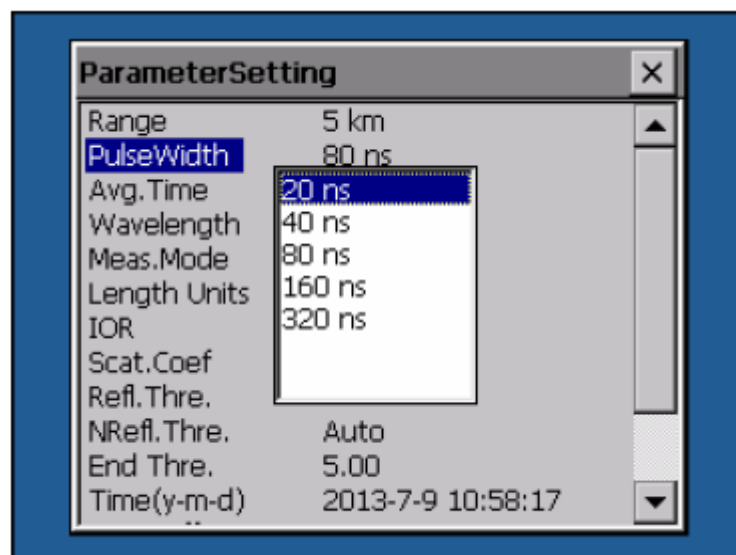


Figura 3.11 Configuración del ancho de pulso

Presione [▲] o [▼] para seleccionar un ancho de pulso según sea necesario y presione [Enter] para que la configuración sea efectiva.



- El valor predeterminado del ancho de pulso es Auto.
- Si el rango de Distancia está configurado en Automático, el ancho de pulso también está configurado en Automático. No necesita establecer el ancho de pulso usted mismo.

Establecer la duración de la medición

La duración de la medición afecta directamente la relación señal / ruido (SNR) de la traza. Si la duración de una medición es más larga, la SNR se vuelve más alta y se puede lograr un rango dinámico más grande. Por lo tanto, cuando mida una fibra óptica de larga distancia o vea eventos de extremo remoto, seleccione una duración de medición más larga siempre que sea posible.

En la página de configuración de parámetros, presione [▲] o [▼] para seleccionar Duración de medición. Presione [Enter] para ingresar o [ESC] para salir de la página de configuración de duración de medición, como se muestra en la Figura 3-12.

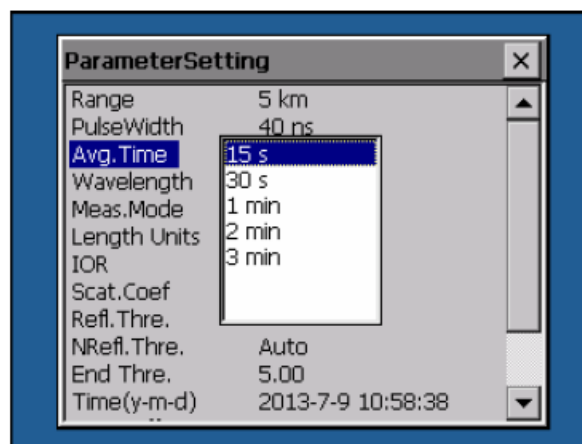


Figura 3.12 Configuración de la duración de la medición

Presione [▲] o [▼] para seleccionar una duración según sea necesario, y presione [Enter] para que la configuración sea efectiva.



- Las opciones predefinidas de la duración de la medición incluyen 15 s, 30 s, 1 min, 2 min y 3 min.
- El valor predeterminado de Duración de medición es 30 s

Ajuste de la longitud de onda del láser

En la página de configuración de parámetros, presione [▲] o [▼] para seleccionar la longitud de onda del láser. Presione [Enter] para ingresar o [ESC] para salir de la página de configuración de longitud de onda láser, como se muestra en la Figura 3-13.

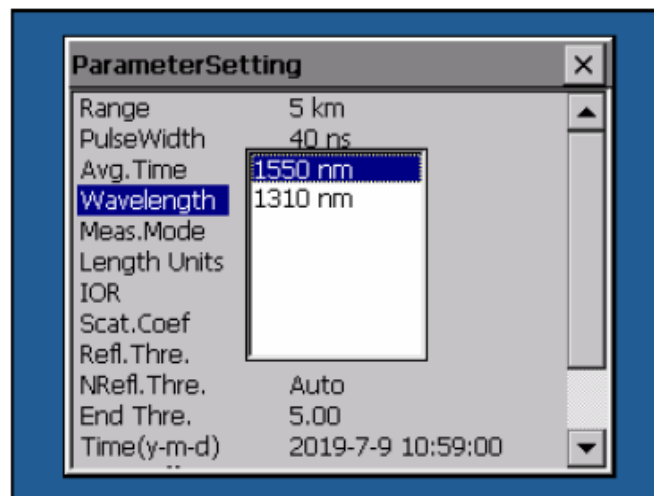


Figura 3.13 Configuración de la longitud de onda del láser

Establecer el modo de medición

Hay dos modos de medición disponibles: en tiempo real y promedio en modo de tiempo real, el OTDR prueba el estado de conexión de la fibra óptica externa en tiempo real y actualiza la traza de prueba a tiempo. En el modo de tiempo real, la medición se detiene solo cuando presiona [Run / Stop]; de lo contrario, la medición continúa. En el modo

promedio, el OTDR acumula y promedia los datos de medición en función de la duración de medición seleccionada. Cuando el tiempo de medición es igual o mayor que la duración de medición establecida por el usuario, la medición actual se detiene y se muestra el resultado de la medición. Generalmente, puede seleccionar el modo promedio para la medición.

En la página de configuración de parámetros, presione [▲] o [▼] para seleccionar el modo de medición. Presione [Enter] para ingresar o [ESC] para salir de la página de configuración del modo de medición, como se muestra en la Figura 3.14.

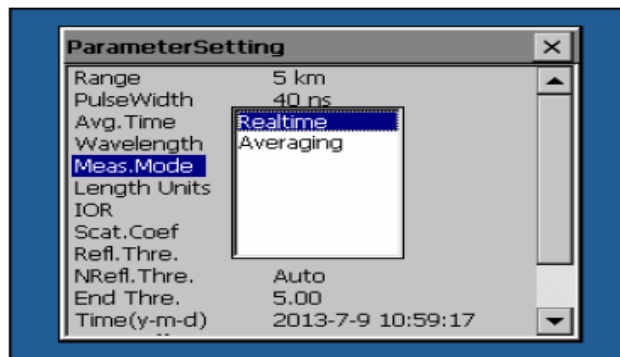


Figura 3.14 Configuración del modo de medición

Ajuste de la unidad de longitud

En la página de configuración de parámetros, la unidad de longitud está configurada en m por defecto.

Establecer la tasa de reflexión

La velocidad de reflexión de una fibra óptica afecta la velocidad de transmisión de la luz en la fibra óptica. Por lo tanto, el ajuste de la velocidad de reflexión afecta directamente la precisión de la distancia medida. Generalmente, el fabricante de la fibra óptica proporciona la velocidad de reflexión de una fibra óptica. Se puede establecer en cualquier valor entre 1.0 y 2.0. El valor tiene una precisión de cuatro decimales.

En la página de configuración de parámetros, presione [▲] o [▼] para seleccionar Velocidad de reflexión. Presione [Entrar] para entrar o [ESC] para salir de la página de configuración de la velocidad de reflexión, como se muestra en la Figura 3-15.

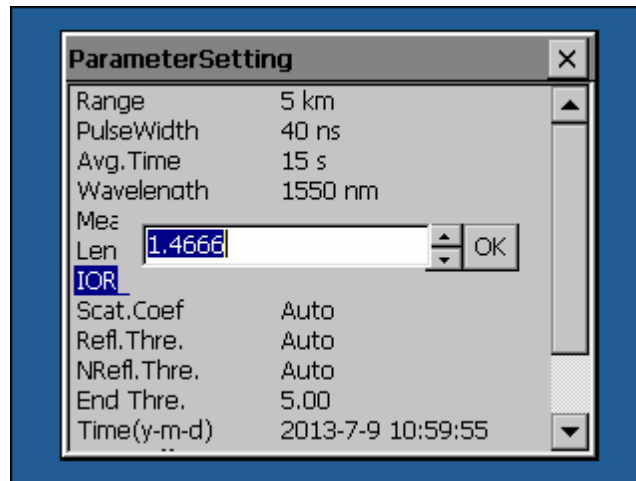


Figura 3.15 Configuración de la velocidad de reflexión

Presione [▲] o [▼] para seleccionar el dígito a modificar, y presione [▲] o [▼] para modificar el valor del dígito seleccionado. Una vez completada la modificación, presione [Entrar] para que la configuración sea efectiva y presione [ESC] desde la página de configuración.

Establecer el umbral final

Este umbral es el umbral final de la fibra. Si el umbral final se establece en 3,0 dB, el primer evento con una pérdida de inserción igual o superior a 3,0 dB en la traza de prueba se considera como el final de la fibra óptica.

En la página de configuración de parámetros, presione [▲] o [▼] para seleccionar Fin umbral. Presione [Entrar] para ingresar a la página de configuración del umbral final, como se muestra en la Figura 3.15.

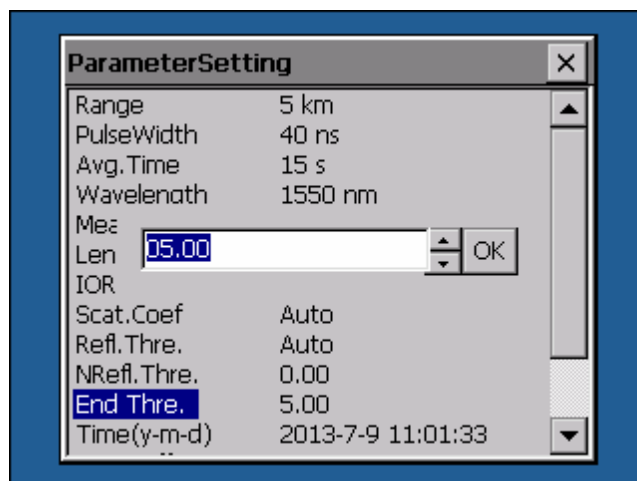


Figura 3.16 Configuración del umbral final

Presione [▲] o [▼] para seleccionar el dígito a modificar, y presione [▲] o [▼] para modificar el valor del dígito seleccionado. Después de completar la modificación, presione [Enter] para que la configuración sea efectiva y presione [ESC] para salir de la página de configuración



El valor predeterminado del umbral final es 5,00 dB

Establecer la hora

El menú de configuración de hora se utiliza para modificar la hora del sistema del OTDR.

En la página de configuración de parámetros, presione [▲] o [▼] para seleccionar Hora. Presione [Enter] para ingresar o [ESC] para salir de la página de configuración de hora, como se muestra en la Figura 13.1.

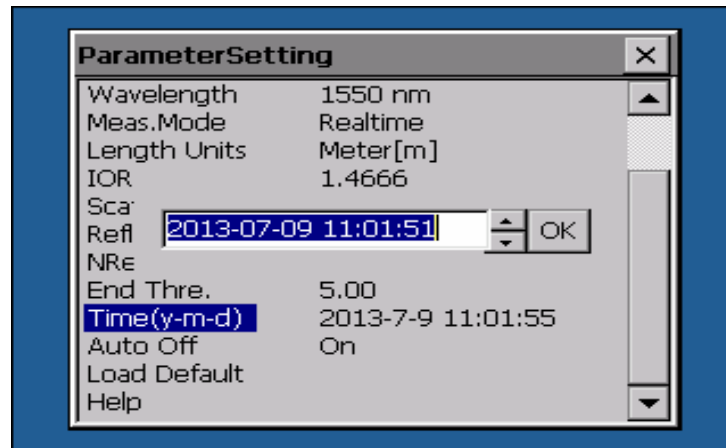


Figura 3.17 Configuración de la hora

Presione [←] o [→] para seleccionar el dígito a modificar, y presione [▲] o [▼] para modificar el valor del dígito seleccionado. Una vez completada la modificación, presione [Enter] para que la configuración sea efectiva.

Recuperación de la configuración predeterminada

Puede recuperar la configuración de fábrica de algunos parámetros en el OTDR. Estos parámetros incluyen el rango de distancia, el ancho del pulso, la duración de la medición, la tasa de reflexión y el umbral final.

En la página de configuración de parámetros, presione [▲] o [▼] para seleccionar Predeterminado. Presione [Enter] para ingresar o [ESC] para salir de la página para recuperar la configuración predeterminada, como se muestra en la Figura 3-18.

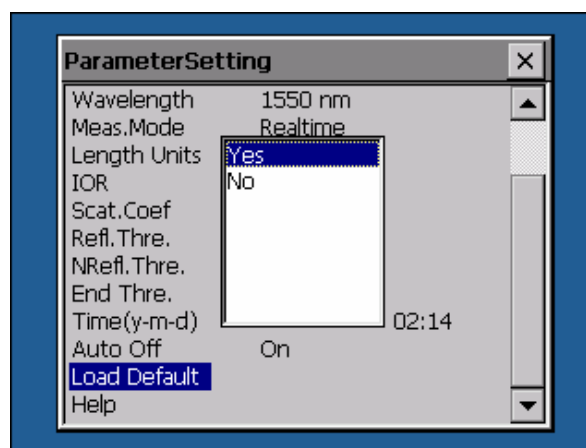


Figura 3.18 Recuperación de la configuración predeterminada

Presione [▲] o [▼] para seleccionar Sí o No, y presione [Entrar] para que la configuración sea efectiva

Ayuda

Puede obtener la ayuda en línea desde el menú Ayuda. En la página de configuración de parámetros, presione [▲] o [▼] para seleccionar Ayuda. Presione [Entrar] para entrar o [ESC] para salir de la página de ayuda, y presione [↑] o [↓] para subir o bajar la página, como se muestra en la Figura 3.19.

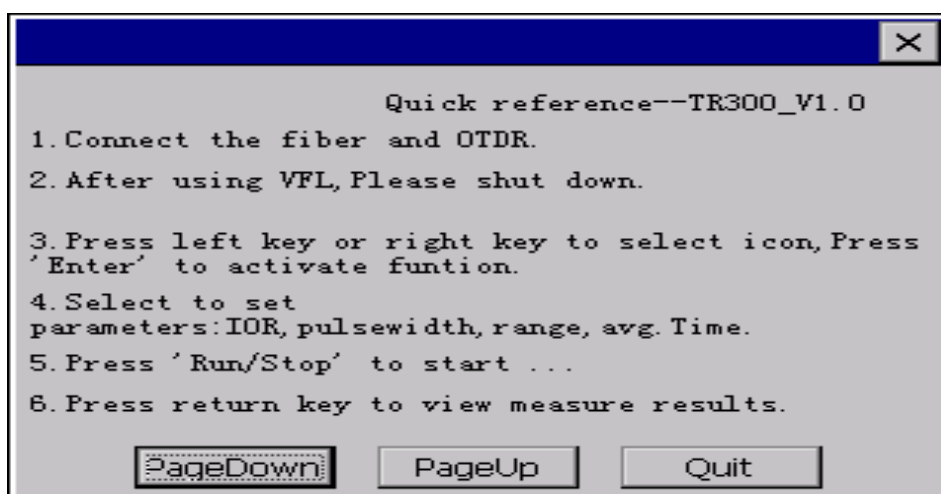








Figura 3.19 Información de ayuda

3.5 Estado de carga de la batería

Cuando el OTDR se apaga y se carga utilizando el adaptador de CA / CC, el indicador en la cubierta superior del OTDR está encendido en lectura, lo que indica que el OTDR se está cargando. Una vez que el OTDR está completamente cargado, el indicador se apaga automáticamente. Cuando el OTDR se enciende y se carga utilizando el adaptador de CA / CC, la batería incorporada del OTDR se carga automáticamente.

El icono de la batería en la pantalla se describe a continuación:

- : La batería está agotada.
- : La carga de la batería es baja.
- : Se usa la mitad de la energía de la batería.
- : Queda más de la mitad de la batería.
- : La batería está llena.
- : La batería se está cargando.

4. Obtención del rastreo y operaciones de rastreo existentes

4.1 Descripción de la página de inicio

Después de encender el OTDR, se muestra la página de inicio, como se muestra en la Figura 4.1



Figura 4.1 Página de inicio

Se muestran seis iconos en la página de inicio, incluido el modo OTDR, la fuente de luz visible, la configuración de parámetros, la administración de archivos, el archivo abierto y la ayuda.

Puede presionar [] o [] para seleccionar un icono y presionar [Entrar] para ejecutar la función correspondiente. Alternativamente, puede tocar un icono según sea necesario en la pantalla táctil para ejecutar la función correspondiente.

4.2 Obtención del rastro

El OTDR puede iniciar un proceso de medición para obtener un rastro completo o abrir un archivo de rastro que se haya almacenado anteriormente.



- Antes de la medición, familiarícese con las precauciones del OTDR para garantizar la seguridad personal.
- Cuando el OTDR se usa para probar una fibra óptica, la luz de trabajo no puede existir en la fibra óptica bajo prueba. De lo contrario, el resultado de la prueba es inexacto. Peor aún, el OTDR puede sufrir daños permanentes.

4.2.1 Obtención del seguimiento: conexión de una fibra óptica

Conecte la fibra óptica al puerto de salida óptica en el OTDR sin usar ninguna herramienta.



- Limpie el conector. Para obtener detalles sobre cómo borrar los conectores ópticos, consulte el Apéndice A.
- Borre el conector óptico en el OTDR y verifique si la interfaz óptica es un conector FC / UPC.
- Conecte la fibra óptica al OTDR.

4.2.2 Obtención de la traza: configuración de parámetros

Establecer parámetros. Para más detalles, consulte la sección 3.4.3.2 "Configuración de parámetros". Si los parámetros de la fibra óptica no están claros, utilice directamente los

valores predeterminados del OTDR. Esto, sin embargo, puede aumentar los errores de los resultados de medición.




- En el modo de medición automática, el rango de distancia del parámetro se establece en Auto

4.2.3 Obtención de la traza: medición automática

Si no se conoce la longitud de la fibra óptica, puede usar la función de medición automática. El OTDR seleccionará automáticamente un rango de distancia apropiado para la fibra óptica bajo prueba.

El procedimiento de medición automática es el siguiente:

1. Establecer parámetros. Para más detalles, consulte la sección 3.4.3.2 "Configuración de parámetros". Establezca el rango de distancia en automático.
2. Inicie la medición presionando [Ejecutar / Parar] o tocando  en la pantalla táctil. El OTDR muestra una página, como se muestra en la Figura 4-2 (a) y la Figura 4-2 (b).

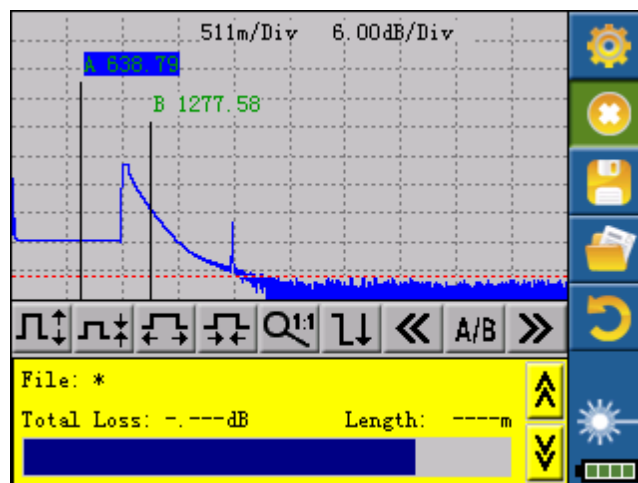


Figura 4.2 Página de medición del OTDR

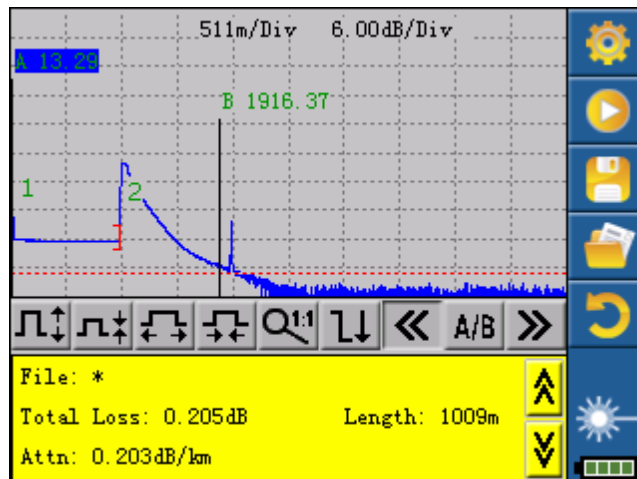


Figura 4.3 Página de análisis de rastreo del OTDR

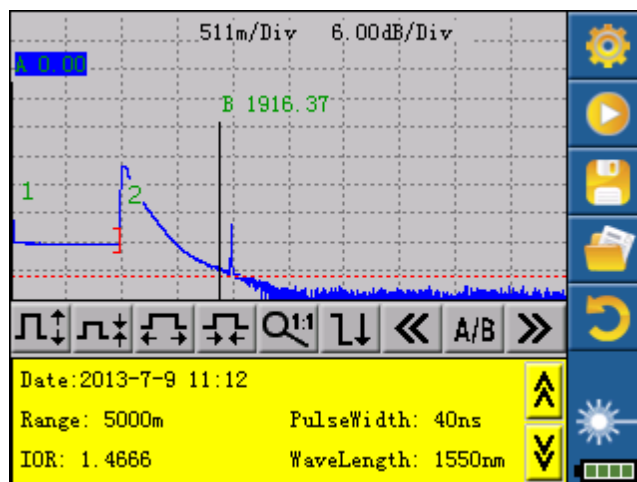


Figura 4.4 Traza medida por el OTDR




- Durante el proceso de medición, el resultado intermedio de la medición se muestra en la pantalla. La traza se actualiza regularmente para mostrar todo el proceso de medición a los usuarios. Una vez que finaliza la duración de la medición, la traza es la traza final, como se muestra en la Figura 4.3.

4.2.4 Obtención de la traza: medición manual

Si se conoce la fibra óptica bajo prueba, puede establecer los parámetros con precisión para obtener un resultado de medición satisfactorio.

El procedimiento de medición manual es el siguiente:

1. Cambie la distancia de medición seleccionando un rango de distancia preestablecido de acuerdo con 3.4.3.2 "Configuración de parámetros".
2. Inicie la medición presionando [Ejecutar / Parar] o tocando  en la pantalla táctil. El proceso de medición es el mismo que el paso 2 en un proceso de medición automático.

4.2.5 Obtención de la traza: causas de falla de medición

Si no se muestran los eventos esperados, la falla puede ser causada por uno de los siguientes motivos:

- Dos eventos están muy cerca uno del otro.

Reduzca el ancho del pulso e intente nuevamente. Si aún no se detectan eventos, mida el otro extremo de la fibra óptica.

- La SNR es demasiado baja.

Seleccione el pulso amplio o aumente el tiempo promedio (duración de la medición) e intente nuevamente.

- La configuración del usuario es incorrecta.



Verifique la configuración del usuario (como la velocidad de reflexión) e intente nuevamente

4.3 Visualización del panel de información



El panel de información muestra los parámetros de medición, los parámetros de análisis, la información del evento y la información del marcador A / B.


Para obtener detalles sobre la información que se muestra en el panel de información, consulte la sección 3.4.2 "Panel de información".

4.3.1 Cambio de contenido en el panel de información

En la página como se muestra en la Figura 4-3, presione [ESC] o toque  o  en la pantalla táctil para mostrar los parámetros de medición, los parámetros de análisis, la información del evento y la información del marcador A / B cíclicamente.


4.3.2 Ver la lista de eventos

En la página como se muestra en la Figura 4-3, presione [ESC] o toque  o  en la pantalla táctil para cambiar a la lista de eventos.

Puede tocar  la pantalla táctil para avanzar por la lista de eventos, o presionar [Shift /] y [ESC] juntos para avanzar o retroceder en la lista de eventos.



4.3.3 Visualización de la información del marcador A / B



Cambiar y mover el marcador A / B

En la página como se muestra en la Figura 4-3, presione [Shift /] y [ESC] juntos, o toque  la pantalla táctil para cambiar entre los marcadores A y B.

Puede presionar [] o [], o tocar  o  en la pantalla táctil para mover el marcador A o B.




Ver la información del marcador A / B

En la página como se muestra en la Figura 4.3, presione [ESC] o toque  o  en la pantalla táctil para cambiar a la información del marcador A / B.

Puede presionar [←] o [→], o tocar  o  en la pantalla táctil para cambiar la posición del marcador A o B. Mientras tanto, la información del marcador A / B en el panel de información cambia en consecuencia.


4.4 Zoom en una traza horizontalmente

Esta función le permite ver los detalles del evento en un seguimiento.

- En la página como se muestra en la Figura 4-3, toque  la pantalla táctil o presione [Shift /] y [←] en el teclado juntos para hacer zoom en la traza horizontalmente.
- Presione [←] o [→], o toque  o  en la pantalla táctil para mover el marcador al punto de evento a observar.
- Vea la información sobre el punto del evento de acuerdo con 4.3.3.1 "Cambio y movimiento del marcador A / B".




4.5 Alejar un rastro horizontalmente

Esta función se utiliza para alejar una traza horizontalmente.

- En la página como se muestra en la Figura 4-3, toque  la pantalla táctil o presione [Shift /] y [→] en el teclado juntos para alejar la traza horizontalmente


4.6 Zoom en una traza verticalmente

Esta función le permite ver de cerca el punto del evento en una traza.

- En la página como se muestra en la Figura 4-3, toque  la pantalla táctil o presione [Shift /] y [▲] en el teclado juntos para hacer zoom en la traza verticalmente.
- Presione [] o [], o toque  o  en la pantalla táctil para mover el marcador al punto de evento a observar.
- Vea la información sobre el punto del evento de acuerdo con 4.3.3.1 "Cambio y movimiento del marcador A / B".


4.7 Alejar una traza verticalmente

Esta función se utiliza para alejar una traza verticalmente.

- En la página como se muestra en la Figura 4-3, toque  la pantalla táctil o presione [Shift /] y [▼] en el teclado para alejar la traza verticalmente.

4.8 Visualización de la traza completa



Esta función se utiliza para mostrar la traza completa.

- En la página como se muestra en la Figura 4-3, toque  la pantalla táctil o presione [Shift /] en el teclado para mostrar el rastro completo.

4.9 Guardar un rastro

Después de completar una medición automática o manual, puede guardar la traza actual.

La traza y su información relacionada se guardan.

En la página como se muestra en la Figura 4-3, presione [▲] o [▼] para seleccionar el icono  y presione [Entrar] para guardar el rastro. Alternativamente, toque directamente el icono  para guardar el rastro.

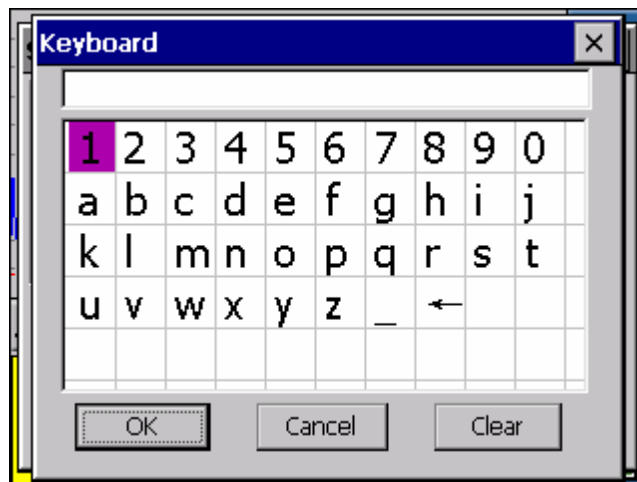




Figura 4.5 Guardar un rastro

- Ingrese un nombre de archivo. Presione [▲], [▼], [] o [] para seleccionar una letra de la lista de letras / números, y presione [Entrar] para que la selección actual sea efectiva. Repita la misma operación para ingresar la siguiente letra hasta que se ingrese el nombre completo del archivo. Alternativamente, puede tocar directamente una letra o número en la pantalla táctil para ingresar un nombre de archivo.
- Presione [▲], [▼], [] o [] para seleccionar el botón Guardar, y presione [Entrar] para guardar un archivo. Alternativamente, puede tocar directamente el botón Guardar en la pantalla táctil para guardar el archivo.
- Presione [▲], [▼], [] o [] para seleccionar el botón Cancelar y presione [Entrar] para cancelar la operación de guardar. Alternativamente, puede tocar directamente el botón Cancelar en la pantalla táctil para cancelar la operación de guardar.
- Eliminar una letra. Presione [▲], [▼], [] o [] para seleccionar el botón Eliminar, y presione [Entrar] para eliminar la letra resaltada. Alternativamente, puede tocar directamente el botón Eliminar en la pantalla táctil para eliminar una letra.

4.10 Visualización de una traza existente

En la página como se muestra en la Figura 4-3, presione [▲] o [▼] para seleccionar el icono , y presione [Entrar] para acceder al cuadro de diálogo Abrir archivo, como

se muestra en la Figura 4.6. Alternativamente, toque directamente el icono  para acceder al cuadro de diálogo Abrir archivo.

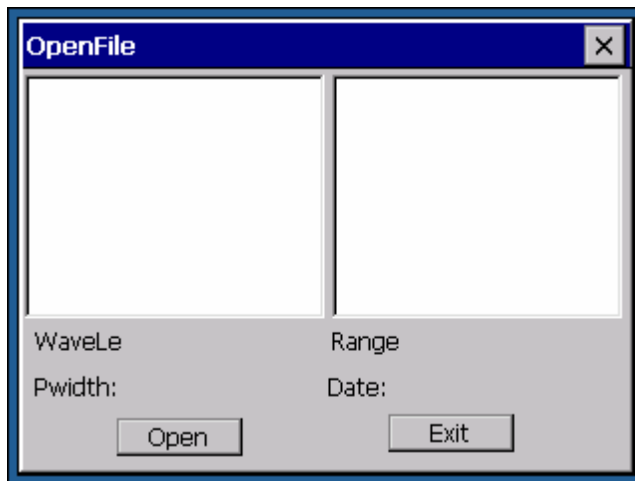



Figura 4.6 Visualización de una traza existente

- Presione [▲] o [▼] para seleccionar un archivo de rastreo según sea necesario, presione [] o [] para seleccionar el botón Abrir y, finalmente, presione [Entrar] para abrir el archivo seleccionado. Alternativamente, toque el botón Abrir en la pantalla táctil para abrir el archivo seleccionado.

4.11 Carga de una traza almacenada

Puede usar una unidad flash USB o una tarjeta SD para cargar una traza almacenada en una PC. En la PC, puede usar el software de análisis para realizar operaciones más flexibles en la traza. Si se utiliza una unidad flash USB para cargar, el procedimiento de carga es el siguiente:

- Inserte la unidad flash USB en el conector USB.
- En la página de inicio del OTDR, toque  para acceder al cuadro de diálogo Administración de archivos

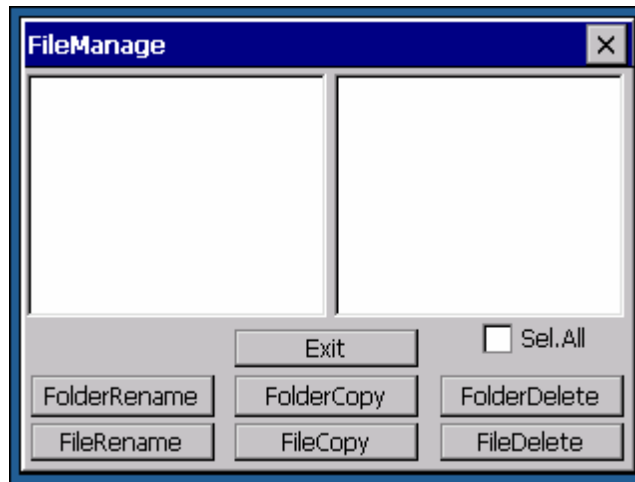


Figura 4.7 File Manage

- Copie el archivo de destino a la unidad flash USB y luego copie los datos en la unidad flash USB a la PC.
- Si la tarjeta SD se usa para cargar, retire directamente la tarjeta SD del OTDR y use un lector de tarjetas para copiar los datos de rastreo en la PC.

Apéndice A Mantenimiento y Calibración

Mantenimiento y reemplazo de baterías

El OTDR utiliza una batería de iones de litio incorporada.

Preste atención a los siguientes puntos al mantener la batería:

- Se recomienda que el OTDR (con la batería incorporada) se almacene en un lugar seco a temperatura ambiente (15 C a 30 C) para lograr el rendimiento óptimo.
- Si el OTDR no se ha utilizado durante más de un mes, se recomienda cargar la batería una vez al mes.
- NO cargue la batería por más de 8 horas; de lo contrario, la batería puede sufrir daños permanentes.
- Para reemplazar la batería, realice los siguientes pasos:
 - a) Retire la tapa superior del compartimento de la batería.
 - b) Retire la batería recargable y luego retire el conector de la batería del enchufe de la batería.

- c) Retire la batería del reloj.

Limpieza de conectores ópticos

Los conectores ópticos del OTDR deben mantenerse limpios. Debe limpiar estos conectores regularmente con alcohol especial. Después de usar el OTDR, cubra el conector con una tapa a prueba de polvo.

Además, debe limpiar regularmente el conector de brida.

Propósito de limpiar conectores

En un enlace de transmisión, el diámetro de un núcleo de fibra es de 9 μm . El diámetro del polvo o cualquier otra partícula varía de 0.1 a 0.01 μm . Esto significa que el polvo o cualquier otra partícula puede cubrir una parte del extremo de la fibra, deteriorando así el rendimiento del sistema.

Además, la energía del láser puede quemar el polvo en la fibra óptica, causando un daño adicional. Por ejemplo, la potencia óptica de 0 dBm en una fibra óptica monomodo puede generar una densidad de potencia de aproximadamente $16000000\text{W} / \text{m} * \text{m}$. Si ocurre esta situación, la medición será inexacto y no se puede duplicar.

Antes de limpiar los conectores ópticos, observe las siguientes reglas de seguridad:

- a. Apague el OTDR.
- b. El incumplimiento de los procedimientos de control, ajuste u operación estipulados puede causar daños por radiación peligrosos.
- c. Al limpiar cualquier conector óptico, asegúrese de que no se utilice una fuente láser.
- d. Cuando el OTDR está funcionando, no compruebe el extremo del dispositivo óptico conectado a la salida óptica en ningún caso. La radiación láser es invisible para los ojos humanos, pero el láser puede dañar seriamente la vista.
- e. Prevenga el OTDR contra descargas eléctricas. Antes de limpiar el OTDR, desconecte el OTDR de la alimentación de CA y use un paño suave seco o

ligeramente húmedo para limpiar el exterior del chasis. NO limpie el interior del chasis.

- f. NO instale componentes en un dispositivo óptico ni ajuste el dispositivo óptico sin aprobación previa.
- g. Solo los ingenieros de mantenimiento calificados o NUESTROS autorizados pueden realizar operaciones de mantenimiento en el OTDR.

Herramientas para limpiar conectores

- a) Limpiador de fibra, usado para limpiar conectores ópticos
- b) Varilla de limpieza de fibra, utilizada para limpiar conectores ópticos.
- c) Paño de limpieza de fibra, usado para limpiar conectores ópticos
- d) isopropanol
- e) bola de algodón
- f) tejidos blandos
- g) cepillo de limpieza de tuberías
- h) aire comprimido

Procedimiento de limpieza

El procedimiento de limpieza es el siguiente:

- a) Desatornille la tapa de la brida.
- b) Limpiar la fibra óptica.
- c) Atornille la tapa de la brida.

Requerimientos de Calibración

Se recomienda calibrar el OTDR cada dos años. Para obtener detalles, comuníquese con el agente o el centro de servicio más cercano de EE. UU.

Apéndice B Especificaciones técnicas

Dinámico (1)	30/28dB	32/30dB
Longitud de onda (± 20 nm)	1310/1550	
Monitor	Pantalla táctil LCD TFT de 3.5 '	
Tipo de fuente de luz	LD	
Interfaz óptica	FC/UPC	
Rango de distancia (km)	0,3 , 1 , 3 , 5 , 10, 30, 60, 120	
Ancho de pulso (ns)	5、 10、 20、 40、 80、 160、 320、 640、 1280、 2560、 5120、 10240、 20480、 Auto	
Duración de la medición	15s、 30s、 1min、 2min、 3min	
Zona muerta de atenuación (2)	10 m	10m
Zona muerta del evento	1,8m	1,8m
Precisión de medición de distancia	$\pm (1 \text{ m} + 5 \times 10^{-5} \times \text{distancia} + \text{intervalo de muestreo})$	
Almacenamiento de datos	> 60000 trazas de prueba	
Interface de comunicación	USB	
VL F	Longitud de onda	650nm
	Potencia de salida (dBm)	≥ -3
	Distancia de prueba (km)	3
Prueba de comunicaciones ópticas	SI	SI

(1) Las especificaciones técnicas describen el rendimiento garantizado del OTDR cuando se utiliza un conector UPC típico para la medición. No se considera la incertidumbre causada por la relación de reflexión de la fibra óptica. El rango dinámico se mide cuando el rango de medición es de 60 km, el ancho de pulso es de 2560 ns y el tiempo promedio es de 3 min. El rango dinámico se mide cuando el rango de medición es de 120 km, el ancho de pulso es de 2560 ns y el tiempo promedio es de 3 min.

- (2) Condiciones de medición de zona muerta: el evento de reflexión ocurre dentro de los 4 km. La fuerza de reflexión es menor que -45 dB. Se utiliza el ancho de pulso mínimo.

Apéndice C Información de garantía

Período de garantía

Se proporciona un período de garantía de 1 (un) año para el producto desde la fecha de entrega del producto. Dentro del período de garantía, NUESTRO brinda el servicio de reparación o reemplazo sin cargo por cualquier defecto del producto. En cualquier caso, la responsabilidad de nosotros se limita al costo original. La garantía no cubre accesorios o artículos opcionales proporcionados por nosotros.

Exclusiones

La garantía no se aplica a los defectos causados en los siguientes casos:

- Mantenimiento o ajuste no autorizado
- Uso indebido, manipulación o accidentes

NUESTRO se reserva el derecho de modificar cualquier producto fabricado por nosotros en cualquier momento, y por lo tanto no tiene la obligación de reemplazar o modificar los productos que se han vendido.

Registro de reparaciones

Se entrega una tarjeta de registro de garantía con el producto. Después de comprar el producto, complete esta tarjeta y envíela por correo o fax de vuelta a nuestro centro de servicio al cliente local para que los artículos de garantía del producto que ha comprado puedan confirmarse correctamente.

Devolución del producto

Si un producto necesita ser devuelto debido a una calibración anual u otras razones, comuníquese con el centro de servicio al cliente local con anticipación, obtenga una Autorización de devolución de material número (RMA #) y describa brevemente el motivo de la devolución para que podamos brindarle servicios más efectivos.

Si un producto debe ser devuelto para reparación, calibración u otro mantenimiento, tenga en cuenta siguientes puntos:

- Utilice materiales de embalaje blandos y delgados (como el polietileno) para empacar adecuadamente el producto de modo que el chasis del producto esté intacto.
- Utilice la caja de embalaje duro original. Si se utilizan otros paquetes, complete al menos 3 cm de materiales blandos alrededor del producto.
- Complete y devuelva correctamente la tarjeta de garantía del producto, incluido el nombre de la empresa, la dirección, la persona de contacto, el número de teléfono, la dirección de correo electrónico y la descripción del problema.
- Selle la caja de embalaje con la cinta adhesiva dedicada.
- Use un medio confiable para enviar el producto al agente que suministra el producto o una sucursal nuestra.

ANEXO 4

PRÁCTICAS

GUÍA DE PRÁCTICA DE LABORATORIO (V. 1.0)

DATOS GENERALES:

CARRERA: INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA DIGITAL Y TELECOMUNICACIONES

ASIGNATURA: COMUNICACIONES ÓPTICAS

TÍTULO DE LA PRÁCTICA: RECONOCER EL OTDR Y LECTURA DE TRAZAS

NOMBRE: EDISON ROBERTO GUAMÁN CASTRO

CURSO: TITULACIÓN

No. de práctica

1

A. OBJETIVOS DE LA PRÁCTICA

Experimento 1.- Reconocer el OTDR y lectura de trazas

A1. Aprender sobre el funcionamiento del equipo OTDR.

A2. Análisis de los resultados de las trazas generadas por el OTDR

B. FUNDAMENTO TEÓRICO

OTDR

Un OTDR es un Reflectómetro óptico en el dominio tiempo. Es un equipo que envía pulsos de luz, en la longitud de onda que se desee y posteriormente mide el tiempo que tarda en llegar una reflexión que se produce a lo largo de la fibra óptica. (López, 2013)

Los resultados se muestran en una pantalla donde se grafica el nivel de señal en función de la distancia, en base al promedio de las muestras obtenidas.

El OTDR hace uso de 2 cualidades de la fibra óptica: la dispersión de Rayleigh y la reflexión de Fresnel.

Un OTDR comercial consta de los siguientes componentes como se listan a continuación:

- El generador de pulsos que alimenta al diodo láser y convierte señal eléctrica a luz.
- El acoplador separar la señal enviada de la señal regreso.
- El fotodiodo se alimenta de la señal que pasa por el acoplador, que convierte la señal óptica a eléctrica.
- Se convierte la señal analógica a digital.
- Y finalmente, el resultado es enviado a pantalla

En la figura 1.1 se presenta un diagrama de bloques de un OTDR genérico, en el cual “se utiliza un generador de pulsos activado por la unidad de procesamiento de señales para modular la intensidad de un láser. La señal de prueba convencional es un pulso cuadrado con duración de entre 5ns y 10µs que depende de la resolución espacial y la sensibilidad requerida para la medición. Está equipado con uno o dos láseres de diferentes longitudes de onda (típicamente de 1310 nm y 1550 nm) que combina en un solo haz mediante un acoplador para la multi canalización por división en longitud de onda” conforme lo indica Eduardo López en su proyecto de titulación (López, 2013).

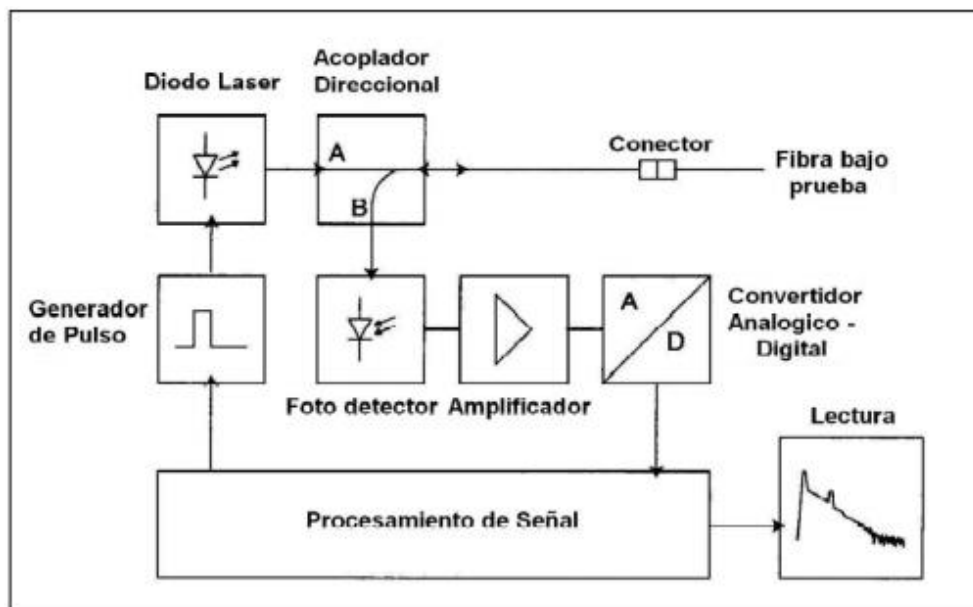


Figura 0.1 Diagrama de bloques de un OTDR genérico

En la figura 1.2 se puede apreciar la gráfica que se obtiene en un OTDR, la cual muestra las diferentes atenuaciones que sufre la fibra a lo largo de su recorrido.

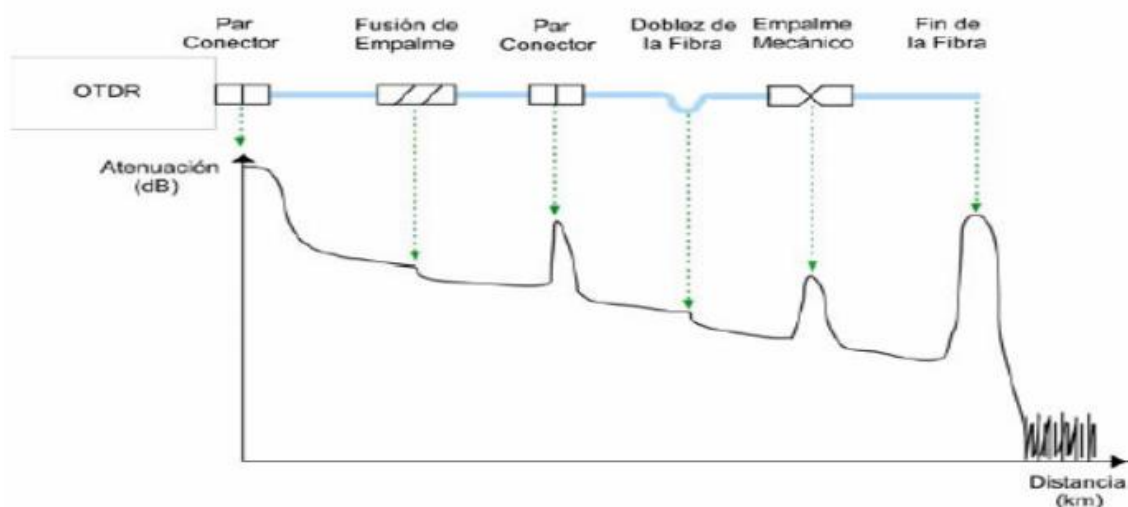


Figura 0.2 Gráfica del OTDR

SNR (RELACIÓN SEÑAL A RUIDO)

Constituye la relación entre la señal válida que se refleja de vuelta y el nivel de ruido, como se muestra en la figura 1.3.

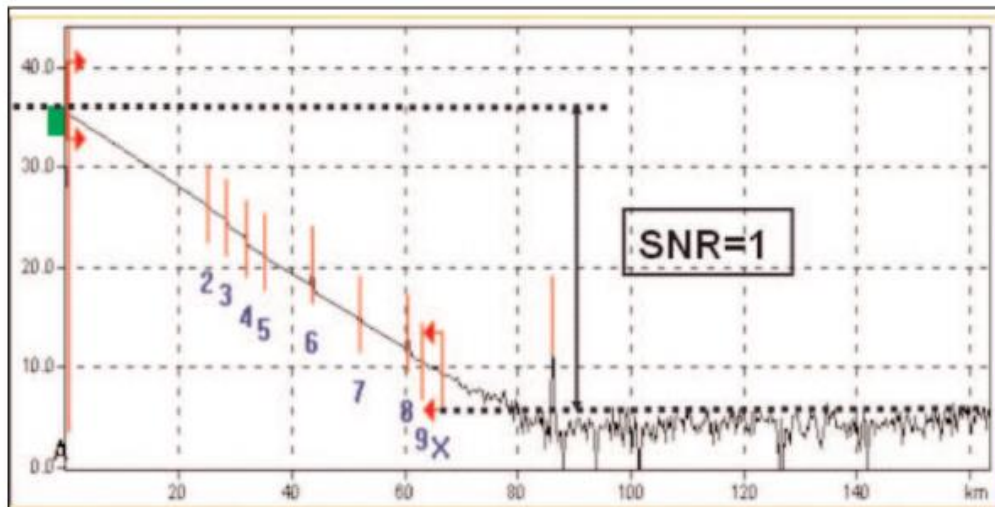


Figura 0.3 La información de medición del OTDR depende de SNR

OTDR COT-3031

El modelo propuesto mostrado en la figura 1.4, permitirá a los estudiantes hacer un análisis detallado de la calidad de transmisión de un enlace de fibra óptica, determinar fallas, pérdidas en los conectores así también podrán determinar los niveles máximos permitidos de atenuaciones, entre otras funciones.

OTDR COT-3031 presenta un tamaño compacto y operación simple, consta de la función de almacenamiento de datos. Estos datos pueden analizarse con el software propietario de la marca (OTDR Traces Manager 300E). Con todos los datos e imágenes medidos por el OTDR se puede evaluar las características de todo el enlace óptico como pérdidas y la distribución de eventos de la fibra.



Figura 0.4 OTDR COR-3031

ANCHO DE PULSO

Determina la potencia de la señal reflejada por retrodispersión. Un gran ancho de pulso amplifica la señal recibida, facilitando la distinción de ésta del ruido de fondo y, por lo tanto, mejorando la relación SNR.

Por otro lado, la utilización de un ancho de pulso más amplio que la distancia que separa dos eventos conduce a que la detección de eventos y las mediciones sean imprecisas. Además, si el ancho de pulso aumenta, la zona muerta de atenuación aumenta a su vez, limitando la capacidad de detección de otros eventos tras un evento inicial.

PUNTOS DE MUESTREO

Poseen una influencia más compleja sobre los resultados finales. Sin tener que entrar necesariamente en una descripción detallada de rangos y fases de muestreo, es bueno apuntar que las influencias principales de los puntos de muestreo pueden describirse de la siguiente manera:

- El aumento del número de puntos de muestreo reduce la distancia entre los puntos.
- Un alto número de puntos de muestreo aumenta la distancia de medición (cuando no esté limitada por el rango dinámico).
- El aumento del número de puntos de muestreo mejora la resolución espacial de eventos (cuando no esté limitada por el ancho de pulso).
- Para un rango de medición y tiempo de cálculo de promedio determinado, el aumento del número de puntos de muestreo reduce el cálculo de promedio de cada punto.

NÚMERO DE CÁLCULO PROMEDIO

El número de cálculo de promedio hace referencia al número de mediciones adquiridas en el mismo punto de muestreo para obtener un valor medio. Por la naturaleza irregular y arbitraria del ruido de fondo, el aumento del número de cálculo de promedio reduce el nivel de ruido, mejorando la relación SNR, la cual, mejora a su vez la precisión de la medición de eventos y la detección. Al estudiar con detenimiento eventos separados, el número de cálculo de promedio también mejora la resolución espacial porque ayuda a reducir el ruido durante el análisis de amplio ancho de banda.

C. LISTADO DE MATERIALES O HERRAMIENTAS

C1. Patch cords simplex monomodo FC/UPS – SC/UPC

C2. Patch cords simplex monomodo FC/UPS – LC/UPC

C3. Roseta con la interfaz SC/UPC

C4. Bobina de lanzamiento

C5. OTDR

C6. Módulo práctico

D. INSTRUCCIONES PARA REALIZAR LA PRÁCTICA

Conexión y medición en los puertos 1 al 6

D1. Limpie los patch cords a usarse con un paño humedecido en alcohol isopropílico

D2. Conecte el extremo del patch cords simplex con terminación FC/UPC al conector óptico del equipo OTDR.

D3. Conecte el segundo extremo del patch cords simplex con terminación SC/UPC a la roseta 1 con interfaz SC.

D4. En la segunda interfaz de la roseta SC/UPC conecte el extremo de la bobina de lanzamiento que tiene terminación SC/UPC.

D5. El segundo extremo de la bobina de lanzamiento conecte al puerto número 1 del slot de Transmisión (TX) del ODF.

D6. Encienda el equipo OTDR

D6. Fije el ancho de pulso en 40 ns

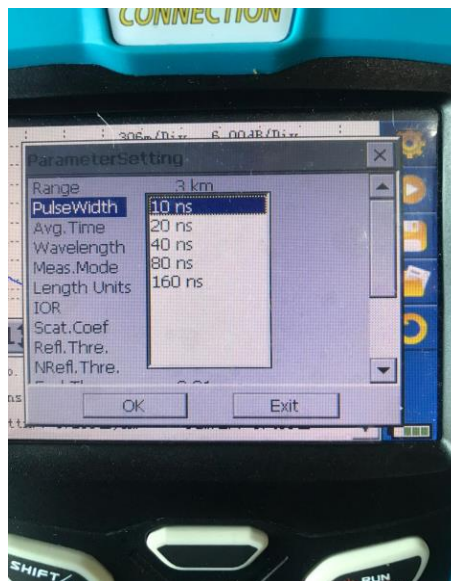


Figura 0.5 Imagen OTDR ancho de pulso

D7. Defina el rango en 3 km



Figura 0.6 Rango de medición

D8. Defina el tiempo para la prueba

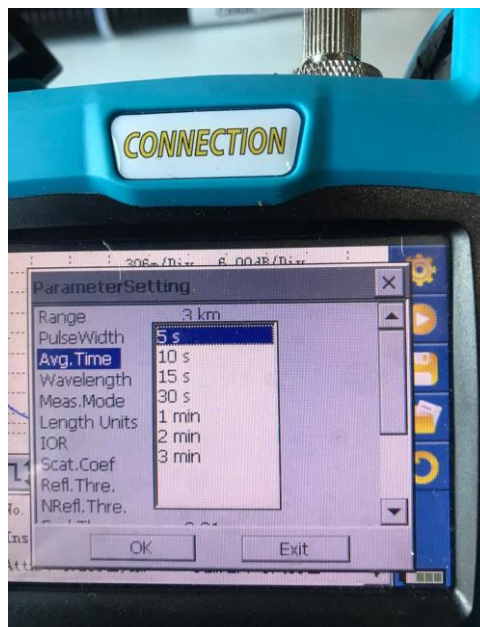


Figura 0.7 Tiempo de prueba

D9. Presione RUN para empezar la prueba

D10. Registre la prueba del OTDR en la tabla 1.1

F. RESULTADOS OBTENIDOS

F.1 Traza tomada con el OTDR

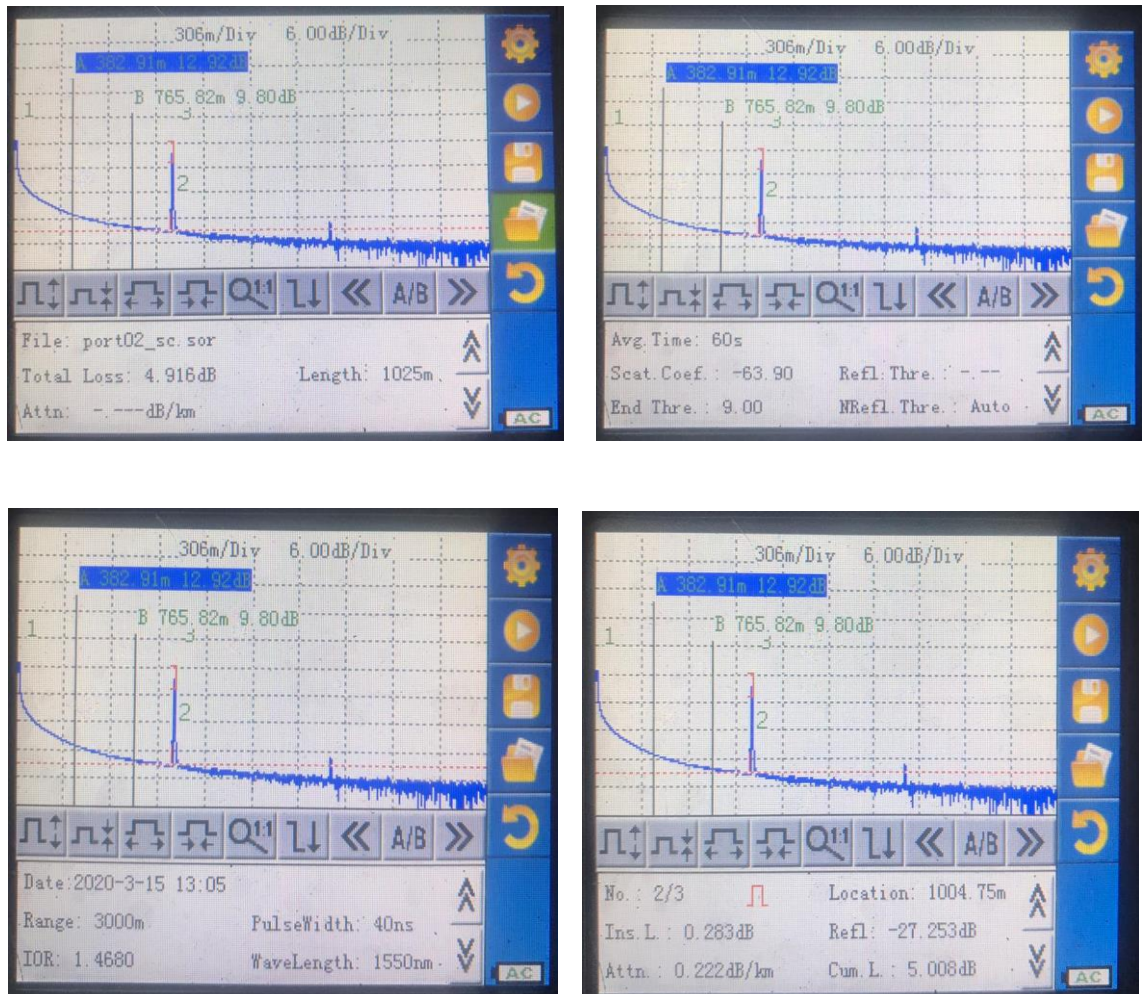


Figura 0.8 Traza de equipo OTDR

F.2 Tabla de valores obtenidos de las mediciones con el OTDR

NOMBRE	ANCHO DE PULSO	BOBINA DE LANZAMIENTO	CONEXIÓN	INTERFAZ	LONGITUD (m)	ATENUACIÓN (dB/km)
Puerto 01	10 ns	SI	Fusión	SC	1021,09	5,163
Puerto 02	10 ns	SI	Mecánica	SC	1021,09	5,132
Puerto 03	10 ns	SI	Manual	SC	1021,09	5,083
Puerto 04	10 ns	SI	Fusión	LC	1026,71	4,931
Puerto 05	10 ns	SI	Fusión	LC	1003,22	0
Puerto 06	10 ns	SI	Fusión	LC	1026,71	5,076

G. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- Con la elaboración de la práctica de laboratorio, se pudo evidenciar que los elementos y equipos del módulo práctico están al 100% operativo.
- Al momento de configurar el OTDR con ciertos parámetros iniciales, se evidenció que las trazas en el mismo enlace pueden variar.
- Las mediciones en el OTDR son, por supuesto, una aproximación a la realidad; éstas se basan en estadísticas, extrapolando el análisis la mejor caracterización posible de un tramo de fibra determinado.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda revisar el funcionamiento de las herramientas y equipos, antes de iniciar la práctica. De encontrar novedades notificar al responsable del laboratorio.
- Se recomienda manipular de la mejor manera los patch cords o latiguillos de fibra óptica que están asignados para la práctica.
- No tocar el extremo de las fibras con las manos ya que se puede contaminar, y afectar al índice de refracción de la fibra.

I. BIBLIOGRAFÍA

Estudio teórico y simulación de un OTDR para sistemas de comunicaciones por fibra óptica. (Madrid 2013). Obtenido de <https://steemit.com/stem-espanol/@vjav55/pruebas-de-reflectometria-en-fibra-optica-fundamentacion-matematica-y-analisis-practico-en-enlaces-opticos>

ITU-T. (2019). *International Telecommunications Union*. Obtenido de https://www.itu.int/rec/dologin_pub.asp?lang=e&id=T-REC-L.12-200005-S!!PDF-S&type=items

Ferrer, V. (12 de 08 de 2019). *VicentFerrer*. Obtenido de <https://vicentferrer.com/fusionadora-fibra-optica/>

GUÍA DE PRÁCTICA DE LABORATORIO (V. 1.0)

DATOS GENERALES:

CARRERA: INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA DIGITAL Y TELECOMUNICACIONES

ASIGNATURA: COMUNICACIONES ÓPTICAS

TÍTULO DE LA PRÁCTICA: INTERPRETACIÓN DE LAS TRAZAS

NOMBRE: EDISON ROBERTO GUAMÁN CASTRO

CURSO: TITULACIÓN

No. de práctica

2

A. OBJETIVOS DE LA PRÁCTICA

- A1. Realizar mediciones reflectométricas en la longitud de onda de 1550 nm
- A2. Interpretación de eventos que muestra la traza en una prueba reflectométrica.

B. FUNDAMENTO TEÓRICO

Funcionamiento del OTDR

El OTDR emite un pulso lumínico en el interior de la fibra a través de uno de sus terminales, en base a una lectura temporal, el equipo mide la cantidad de luz que ha sido reflejada, es decir, realiza cálculos matemáticos basándose en la magnitud de energía que se refleja cuando el haz de luz incide en las paredes del material dieléctrico. Para una comprensión más amplia, se explica a continuación el estudio conocido como: "Dispersión de Rayleigh"

Atenuación

Reducción de potencia de la señal de luz a medida que se transmite. La atenuación se expresa en decibelios por kilómetro (dB/km). La degradación de la señal pueden originarla empalmes, conexiones o la pérdida inherente a la propia fibra óptica en sí. Para evaluar el rendimiento general, es primordial analizar la atenuación del sistema.

Retrodispersión

Término que se emplea para describir la reflexión difusa de las ondas de luz de nuevo en la misma dirección en la que se originaron. El grado de retrodispersión es un indicador de la atenuación total, dado que la luz que vuelve a la fuente representa una pérdida en cuanto a la intensidad de la señal descendente. En el caso de las pruebas con OTDR, la cantidad de luz retrodispersada es solo una millonésima parte del pulso de prueba.

Reflectancia

Medida de la proporción de luz que incide en una superficie y que esta refleja. A diferencia de la luz retrodispersada, la luz reflejada es devuelta de forma más directa a la fuente de luz, en lugar de dispersarse en varias direcciones. Las conexiones y los empalmes reflejan a la fuente, lo que permite determinar la posición, los cambios de estado y las pérdidas de señal de estos elementos mediante unas pruebas con OTDR adecuadas.

Refracción

La refracción es el cambio de dirección que se produce en las ondas de luz cuando pasan de un tipo de material a otro. La cantidad de luz reflejada se determina por la diferencias en el índice de refracción de dos fibras unidas por medio de empalmes, las impurezas en la fibra de vidrio, los cambios de material de un conector o cualquier otro cambio de material en el tendido de cable.

C. LISTADO DE MATERIALES O HERRAMIENTAS

C1. Patch cords simplex monomodo FC/UPS – SC/UPC

C2. Patch cords simplex monomodo FC/UPS – LC/UPC

C3. Roseta

C4. Bobina de lanzamiento

C5. OTDR

C6. Módulo práctico

D. INSTRUCCIONES PARA REALIZAR LA PRÁCTICA

Enlace Puerto1 y Puerto 2 de Conexión tipo fusión conector SC

D1. Conecte el extremo del patch cords simplex con terminación FC/UPC al conector óptico del equipo OTDR.

D2. Conecte el segundo extremo del patch cords simplex con terminación SC/UPC a la roseta 1 con interfaz SC.

D3. En la segunda interfaz de la roseta SC/UPC conecte el extremo de la bobina de lanzamiento que tiene terminación SC/UPC.

D4. El segundo extremo de la bobina de lanzamiento conecte al puerto número del ODF de pruebas.

D5. Fije el ancho de pulso en 10 ns

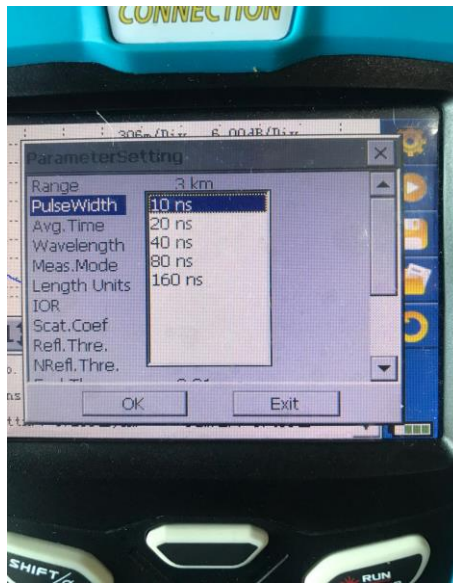


Figura9 Imagen OTDR ancho de pulso

D6. Rango 3 km



Figura.10 Rango de medición

D7. Tiempo de la prueba

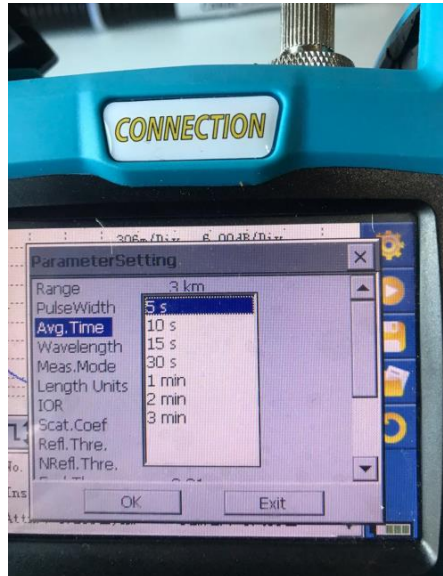


Figura.11 Tiempo de prueba

D8. Mida y registre la prueba en el OTDR en la tabla 1.1

E. RESULTADOS OBTENIDOS

E1. Traza mostrada en el Software PC puerto 1 fusión más mecánica

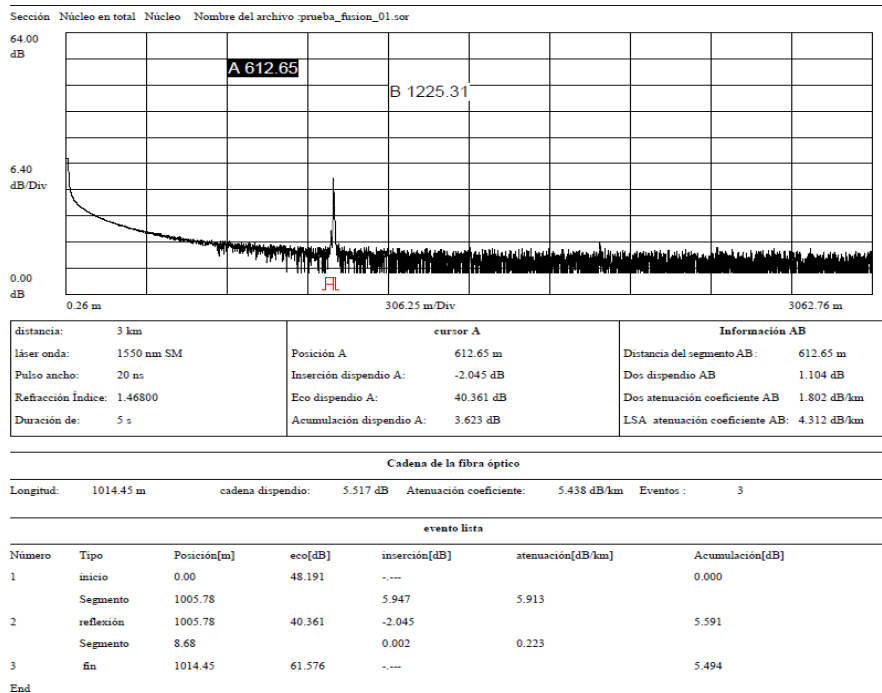


Figura.12 Traza I Prueba I

E2. Traza mostrada en el Software PC puerto 2 fusión

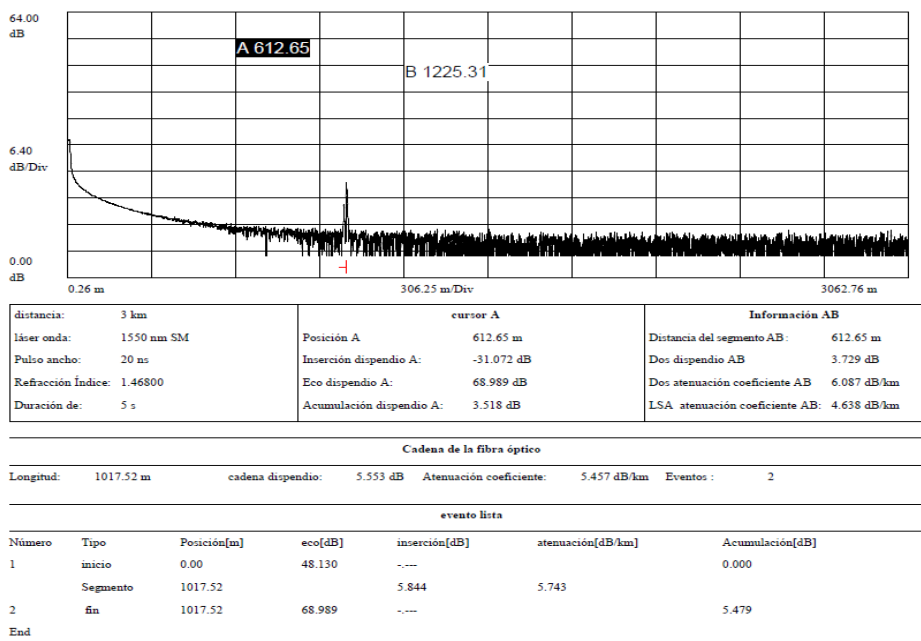


Figura.13 Traza 2 Prueba 2

E3. Tabla comparativa

NOMBRE	ANCHO DE PULSO	No de Eventos	BOBINA DE LANZAMIENTO	CONEXIÓN	INTERFAZ	LONGITUD (m)	ATENUACIÓN (dB/km)
Puerto 01	20 ns	3	SI	Fusión/mecánica	SC	1014,45	5,163
Puerto 02	20 ns	2	SI	Fusión	SC	1017,52	5,132

F. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- La práctica se evidencia que el equipo OTDR mide los eventos de los enlaces instalados.
- El ancho de pulso mientras más grande sea se tiene una zona muerta igual de grande.
- Las mediciones en el OTDR deben usar un tiempo adecuado, mientras más tiempo mide más eventos.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda revisar el funcionamiento de las herramientas y equipos, antes de iniciar la práctica. De encontrar novedades notificar al responsable del laboratorio.
- Se recomienda que los patch cords utilizados en las pruebas tienen que estar limpios y al momento de la prueba deben estar estirados.
- No tocar el extremo de las fibras con las manos ya que se puede contaminar, y afectar al índice de refracción de la fibra.

II. BIBLIOGRAFÍA

ITU-T. (2019). *International Telecommunications Union*. Obtenido de https://www.itu.int/rec/dologin_pub.asp?lang=e&id=T-REC-L.12-200005-S!!PDF-S&type=items

Estudio teórico y simulación de un OTDR para sistemas de comunicaciones por fibra óptica. (Madrid 2013). Obtenido de <https://steemit.com/stem-espanol/@vjav55/pruebas-de-reflectometria-en-fibra-optica-fundamentacion-matematica-y-analisis-practico-en-enlaces-opticos>

Buelvas, J. (31 de 08 de 2019). *Blogspot*. Obtenido de <http://johnbufibraopticyutp.blogspot.com/2012/11/estandares-de-la-fibra-optica-y-del.html>

Mancheno, G. (30 de 08 de 2019). *Blogspot*. Obtenido de <http://fenooptico.blogspot.com/2015/10/refraccion-de-la-luz.html>

J. ANEXOS

1.- Pruebas obtenidas en el Software PC