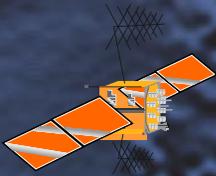


CONFIGURACIÓN, PROGRAMACIÓN Y PRUEBAS DEL SERVICIO DE TELECOMUNICACIONES POR RED DE FIBRA ÓPTICA



ANTIOQUIA

Ministerio de la
Protección Social
**SERVICIO NACIONAL
DE APRENDIZAJE**

**MESA SECTORIAL DE
TELECOMUNICACIONES**

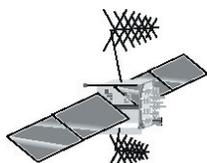


**CENTRO
METALMECÁNICO**

CONFIGURACIÓN, PROGRAMACIÓN Y PRUEBAS DEL SERVICIO DE TELECOMUNICACIONES POR RED DE FIBRA ÓPTICA



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).



MESA SECTORIAL
DE TELECOMUNICACIONES



SERVICIO NACIONAL
DE APRENDIZAJE



CENTRO
METALMECÁNICO

MINISTERIO DE LA PROTECCIÓN SOCIAL
SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE



**CONFIGURACIÓN, PROGRAMACIÓN Y PRUEBAS
DEL SERVICIO DE TELECOMUNICACIONES
POR RED DE FIBRA ÓPTICA**

Por: Alberto Sánchez Salazar

Coordinación general
Honorio Oliveros Gómez
Doris Parra Pineda

Diseño didáctico
Olga Inés Bedoya Tobón

Revisión y corrección técnica
Honorio Oliveros Gómez

Revisión pedagógica
Doris Parra Pineda

Con el apoyo de
División de Aprendizaje y Reconocimiento del SENA-Dirección General
Mesa Sectorial de Telecomunicaciones
Centro Metalmecánico, SENA Regional Antioquia

Diseño y diagramación
Pregón Ltda.

Primera edición
Fecha de impresión
Medellín-Colombia

Derechos reservados para el Servicio Nacional de Aprendizaje SENA

Tabla de contenido

Introducción	5
Presentación general	7
UNIDAD 1. Fundamentos y descripción de los elementos de una red de fibra óptica	9
Guía de aprendizaje	9
1.1 Conceptos básicos de fibra óptica	11
1.1.1 Composición de una fibra óptica	11
1.1.2 Tipos de fibra	12
1.1.2.1 Fibra monomodo	12
1.1.2.2 Fibra multimodo	13
1.2 Equipos de fibra óptica	13
1.2.1 Transmisores ópticos	15
1.2.2 Receptores ópticos	16
1.2.3 Módems y multiplexores	17
1.3 Autoevaluación	18
UNIDAD 2. Prueba del cable de fibra óptica	19
Guía de aprendizaje	19
2.1 Medición con OTDR	23
2.2 Generador y medidor de potencia óptica	26
2.3 Autoevaluación	30
UNIDAD 3. Prueba de equipos	31
Guía de aprendizaje	31
3.1 Revisión de la instalación	34

3.2	Medición de variables básicas	39
3.2.1	Potencia de transmisión	39
3.2.2	Nivel y umbral de recepción del equipo	39
3.2.3	Apagado del láser	41
3.2.4	Banda base	42
3.2.5	tasa de error	43
3.2.6	Prueba de golpes ligeros	45
3.3	Protocolo y registro de las pruebas	46
3.3.1	Protocolo de pruebas locales y de enlace	47
3.3.2	Registros y Troubleshooting (solución de fallas)	48
3.4	Autoevaluación	49
	Glosario	51
	Bibliografía	53
	Lecturas recomendadas	54
	Lista de figuras	55
	Anexos	57
	Espectro electromagnético	57
	Código de colores del cable de fibra óptica	58
	Respuestas a las autoevaluaciones	62
	Autoevaluación UNIDAD 1	62
	Autoevaluación UNIDAD 2	64
	Autoevaluación UNIDAD 3	65

Introducción

Una vez realizada la instalación de un proyecto de fibra óptica, el cual involucra cable, equipos y accesorios de acuerdo con un diseño previo, el paso siguiente es la puesta a punto de cada uno de sus componentes.

En ningún momento se debe pensar que un sistema completo puede entrar en servicio, es decir, con tráfico real, sin realizar ningún tipo de pruebas que verifiquen el estado real de los equipos en cuanto a software y hardware se refiere.

Por lo anterior, se hace necesario seguir un protocolo de pruebas, las cuales suelen ser locales y de enlace; en esta última se simula el sistema bajo condiciones normales de operación.

La mayoría de las pruebas se ejecutan con los equipos fuera de servicio, aunque algunas de ellas se pueden hacer posteriormente bajo condiciones operativas sin tener que suspender el servicio.

Precisamente con este criterio se ha ordenado y desarrollado el contenido temático de la presente cartilla.

Se ha querido entonces ilustrar de forma sencilla y concreta las pautas que se deben seguir o tener en cuenta en el momento de verificar los diferentes componentes de un enlace de fibra óptica.

Estas pruebas son las mismas que se ejecutan durante la interventoría del proyecto, y como tal son locales y de enlace.

Acá se presenta una cartilla de contenido general, y aunque cada fabricante o empresa en particular tiene sus propios formatos o protocolos, las pruebas locales y de enlace son en esencia las mismas.



En todo protocolo se presenta inicialmente una revisión general de las instalaciones eléctricas y de fibra óptica con el propósito de detectar cualquier anomalía o conexión defectuosa.

Posterior a esta revisión viene la configuración o programación de cada uno de los equipos o elementos de la red; este procedimiento también se conoce como "comissionig" y en él se involucra todo tipo de instalación de software, además de la verificación de ajustes o conexiones de fábrica en cada una de las tarjetas o módulos del equipo.

Una vez el equipo está configurado se procede a la ejecución de las pruebas locales, las cuales son propias de cada protocolo suministrado por el fabricante, o en su defecto, exigido por el cliente.

Normalmente estas pruebas locales se realizan con los equipos fuera de servicio, es decir, sin tráfico.

De acuerdo con el avance del proyecto de instalación, o estado actual del mismo, las pruebas que se realizan a continuación son las de enlace; en ellas se prueban los equipos interconectados, simulando las condiciones de operación normal. Para ello se usan diferentes equipos, tales como generadores de patrones binarios, medidores de tasa de error, transmisores y receptores de potencia óptica, etc.

Una vez cumplidas todas las pruebas, se firma el respectivo protocolo entre ambas partes: cliente y proveedor del equipo, y se puede decir que el equipo se encuentra "a punto", es decir, listo para entrar en operación.

Concluidas estas etapas, el cliente posee toda la autonomía para colocar el equipo en servicio en el momento que estime conveniente, casi siempre bajo la supervisión del proveedor.

Se pretende con esta cartilla capacitar al alumno en la verificación del estado actual y las condiciones de funcionamiento de las instalaciones eléctricas y de fibra óptica de una red; igualmente, en la configuración y prueba de los elementos que componen la misma, es decir, cables de fibra óptica, equipos terminales, repetidores y amplificadores, independientemente de la marca o procedencia de ellos.

Dicha capacitación facilitará al alumno la toma de decisiones, el llenado de formatos y el planteamiento de sugerencias con respecto a los equipos y proyecto en general.

Presentación general

Ubicación de la cartilla dentro de la estructura curricular

El propósito del Servicio Nacional de Aprendizaje, SENA, es modernizar la oferta educativa, orientada a mejorar los niveles de competitividad y de desempeños personales y organizacionales, partiendo del enfoque de las competencias laborales.

Los Diseños Curriculares basados en Normas de Competencia Laboral desarrollan los intereses y políticas definidas por las Mesas Sectoriales, a fin de formar trabajadores competentes, polivalentes, autónomos y flexibles, con lo cual estarían en capacidad de responder ampliamente a las demandas de los sectores productivos del país, con estándares de calidad, pertinencia, eficiencia y capacidad de adaptación a los cambios e innovaciones técnicas, tecnológicas, organizativas y administrativas, en los ámbitos nacional y mundial.

El propósito de una estructura curricular es ofrecer los lineamientos técnicos, tecnológicos y de formación, a todos los docentes de la especialidad, para que aborden el proceso de la Formación Profesional Integral de los alumnos, con unidad de criterios, que posibiliten la adquisición de la Competencia Laboral planteados en los diferentes Módulos de Formación.

En la estructura curricular están enunciadas cada una de las unidades de competencia laboral con sus componentes normativos, los procesos técnicos, tecnológicos y de formación, reflejados en el diagrama de desarrollo, el tiempo de formación, las unidades de aprendizaje, cada una con su respectiva tabla de saberes, resultados del aprendizaje, modalidad de



formación, las actividades de enseñanza - aprendizaje – evaluación, el perfil del instructor y **los medios y recursos necesarios**.

La presente cartilla es un recurso para el módulo de formación "**Configuración, programación y pruebas del servicio de telecomunicaciones por la red de fibra**", ubicado dentro de la estructura curricular "Implementación de servicios de telecomunicaciones por la red de fibra óptica" (*Ver última página*)

UNIDAD 1

Fundamentos y descripción de los elementos de una red de fibra óptica

Guía de aprendizaje

Presentación

En este capítulo se describen los principales elementos que componen una red de fibra óptica, tales como los equipos terminales, multiplexores, repetidores, transmisores y receptores ópticos, cables y accesorios, con sus principales características y aplicaciones. Se espera que usted los reconozca y diferencie sus usos y funcionamiento, pues de ello depende la calidad del servicio que se preste a través de la red.

Resultados de aprendizaje

- Reconocer los conceptos y elementos básicos que conforman una red de telecomunicaciones de fibra óptica
- Establecer diferencias y semejanzas entre los equipos que componen la red
- Identificar las características y aplicaciones de los equipos, cables y accesorios necesarios para conformar la red de fibra óptica



Metodología de abordaje del tema

Para comprender mejor este capítulo se le recomienda hacer una lectura inicial de todo el contenido, y luego hacer lectura lenta de cada uno de los temas y subtemas, verificando sus componentes, sus variaciones y todos los aspectos descritos en el mismo.

Se le sugiere elaborar cuadros comparativos o cualquier estrategia de resumen que usted considere efectiva según su estilo de aprendizaje

Usted debe reconocer sus saberes previos respecto al tema, así como sus dudas y las inconsistencias entre información de diversas fuentes. Posteriormente al abordar el capítulo, encontrará preguntas relacionadas con el conocimiento teórico o práctico que usted pueda tener sobre el tema. Respóndalas sin temor a equivocarse y luego de leer detenidamente el capítulo verifique sus respuestas. Note qué tanto avanzó en su conocimiento nuevo o en su comprensión de procesos o fenómenos.

Luego pase a la autoevaluación que aparece al final. Revise de nuevo los temas para verificar que no haya discrepancia entre lo que usted contestó y lo que la cartilla trae. En caso de que considere que hay dudas, consulte a su instructor.

Autodiagnóstico

Antes de iniciar su lectura analítica de esta unidad responda los siguientes interrogantes:

- ¿Qué es una red de telecomunicaciones en fibra óptica y qué la diferencia de las redes de cable coaxial o de cobre?
- ¿Qué aspectos de la física son importantes para comprender la comunicación a través de fibra óptica?
- ¿Cómo deben ser los equipos de este tipo de red?

Recursos

Para el desarrollo de esta unidad usted requiere ayudas o aulas especiales, dado que es práctica en un alto porcentaje.



1. Fundamentos y descripción de los elementos de una red de fibra óptica

1.1 Conceptos básicos de fibra óptica

Su función básica consiste en la transmisión de información usando luz, la cual se propaga a lo largo de una fibra transparente hecha de vidrio de sílice o plástico.

Para esto se usa un transmisor óptico (diodo LED o diodo LASER – ver Glosario) y un receptor o fotodiodo (PIN o Avalancha – ver Glosario).

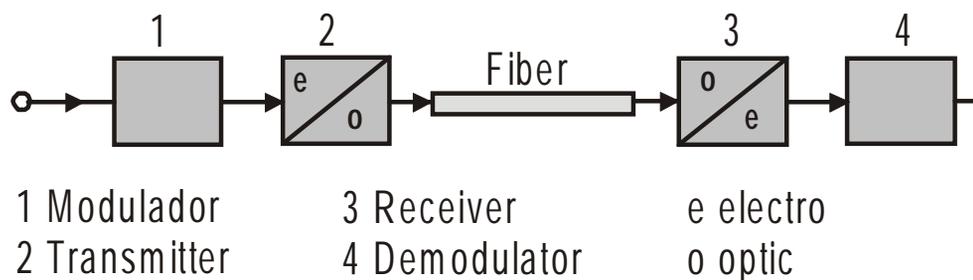


Figura 1. Enlace de fibra óptica

1.1.1 Composición de una fibra óptica

Una fibra óptica se construye de un material transparente y cilíndrico. Está compuesta de tres capas concéntricas: el núcleo central (core) que lleva la luz, el revestimiento (cladding) que rodea al núcleo, y el recubrimiento (coating) que sirve de protección. Las dos primeras capas están hechas de vidrio de sílice; el recubrimiento es un plástico o una cubierta acrílica.

El núcleo y el revestimiento difieren en su composición química, de tal forma que el **índice de refracción del núcleo** (relación de la velocidad de la luz en el aire y por dentro de la fibra) sea ligeramente mayor que el del revestimiento ($1.5 > 1.48$). Ver glosario. Esta es la condición óptica para que la luz viaje dentro del núcleo.

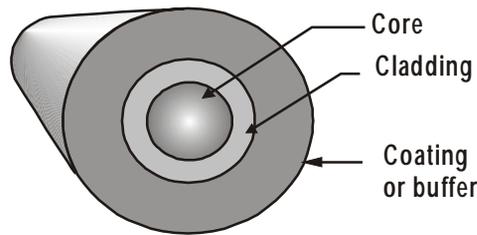


Figura 2. Capas que componen una fibra óptica

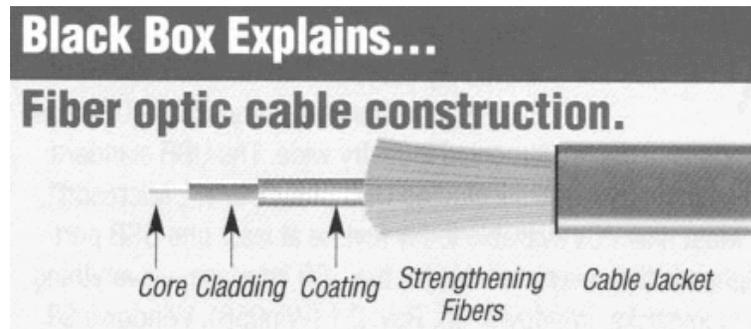


Figura 3. Construcción del cable de fibra óptica

1.1.2 Tipos de fibra

1.1.2.1 Fibra monomodo

Posee un núcleo con un diámetro de apenas 9 a 10 micras (μm) y un revestimiento de 125 μm .

Debido al núcleo tan pequeño se dice que en este tipo de fibra solamente hay un camino para que la luz se propague por el centro del núcleo.

Estas fibras suelen tener un índice de refracción tipo escalón, es decir, el núcleo y el revestimiento poseen índices diferentes pero uniformes (1.5 y 1.48, respectivamente), pero en la frontera núcleo-revestimiento se presenta un cambio brusco entre ambos índices.



Figura 4. Fibra monomodo

1.1.2.2 Fibra multimodo

Posee un diámetro de 62.5 μm y un revestimiento de 125 μm . En este tipo de fibra se dice que existen varios caminos para que la luz se propague dentro del núcleo.

Estas fibras pueden ser de índice tipo escalón o tipo gradual (aquellas en las que el índice de refracción del núcleo no es uniforme como en las de tipo escalón, sino que decrece gradualmente desde el centro hacia el exterior).

Cabe anotar acá que toda fibra óptica posee una atenuación característica la cual hace que la potencia de la luz disminuya dentro de ella. Dicha atenuación característica se representa por la letra griega ALFA y se mide en decibeles / kilómetro.

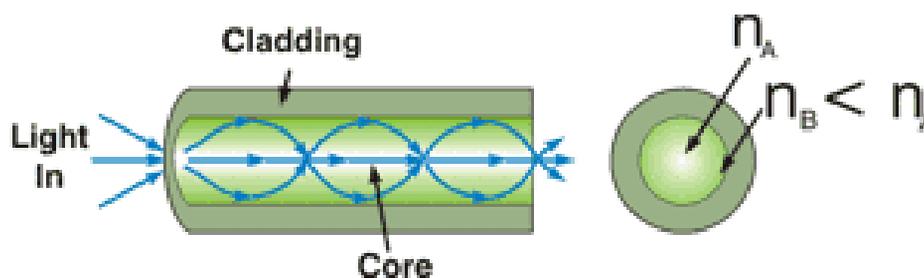


Figura 5. Fibra multimodo

En ambos tipos de fibra el recubrimiento puede tener un diámetro de 250 a 500 μm .



Figura 6. Fibras monomodo y multimodo

1.2

Equipos de fibra óptica

El término EQUIPO ÓPTICO se refiere genéricamente a un equipo terminal de fibra óptica (también puede ser un repetidor o regenerador – ver

Glosario) que convierte las señales eléctricas o información, en señales de luz y viceversa – este proceso se conoce como una conversión óptico/eléctrica y eléctrico/óptica en los extremos de una fibra óptica (o en un punto intermedio en caso de usar repetidores o regeneradores).

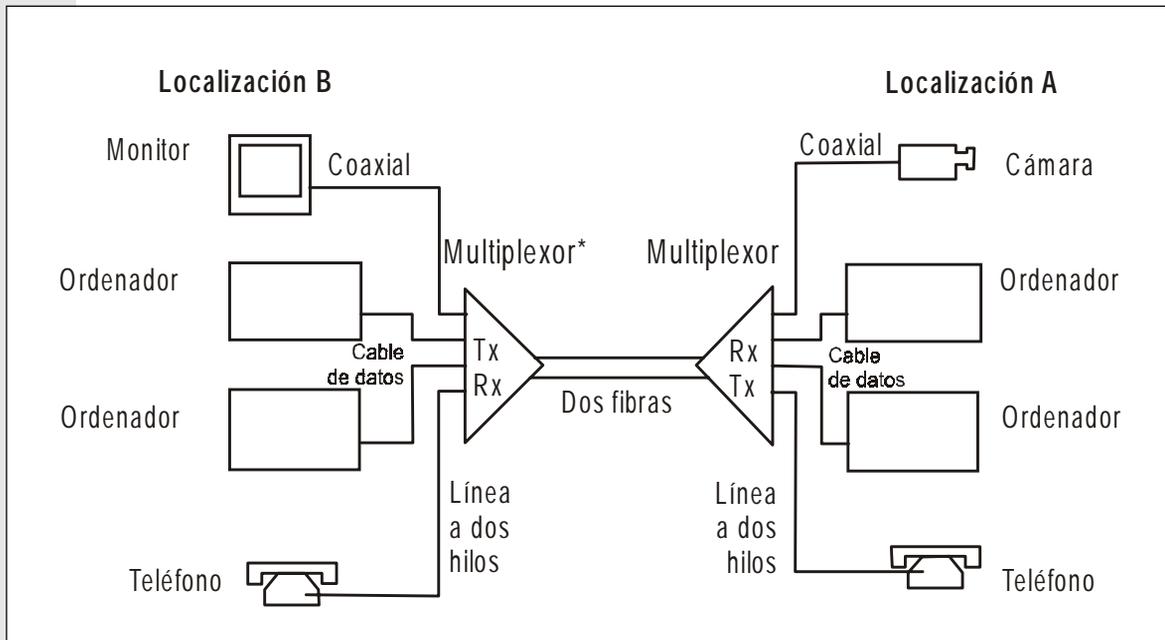


Figura 7. Equipos dentro de una red de fibra óptica

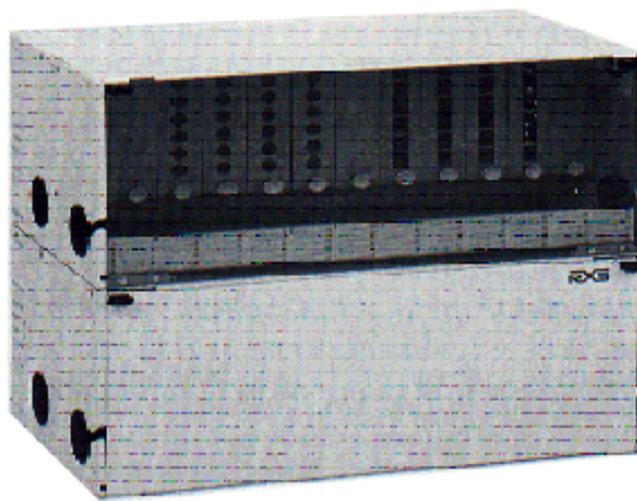


Figura 8. Equipo terminal de fibra óptica

1.2.1 Transmisores ópticos

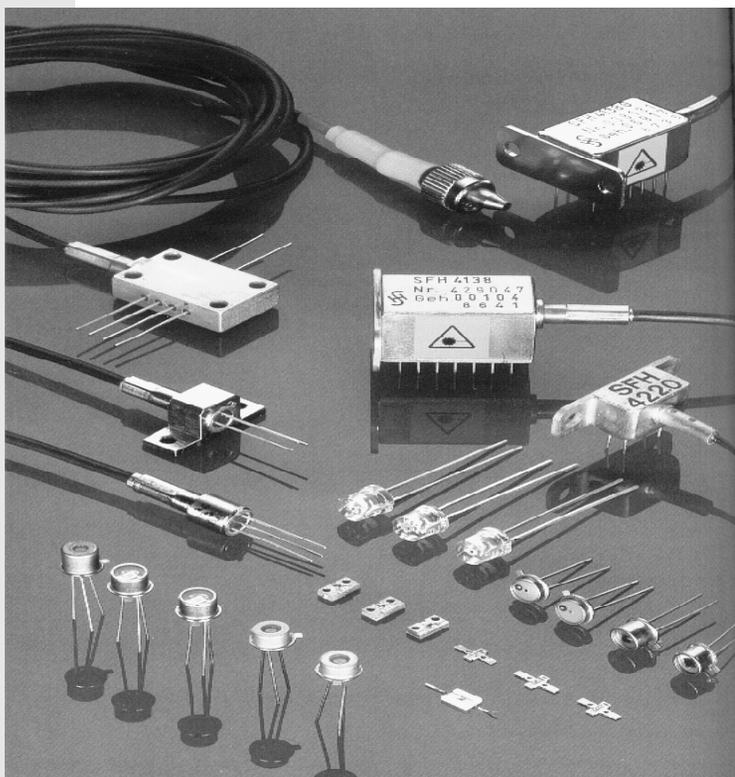


Figura 9. Transmisores y receptores ópticos (diodos láser y LED)

Se conocen también como generadores de luz; hay dos tipos: diodos emisores de luz LED y diodos láser (ver Glosario).

Los diodos LED son muy económicos y se usan generalmente para cortas distancias y para velocidades bajas de transmisión de datos.

Los hay disponibles para las ventanas o longitudes de onda de 850nm, 1310nm y 1550nm, con un ancho espectral (ver glosario) que va de 20 a 80nm.

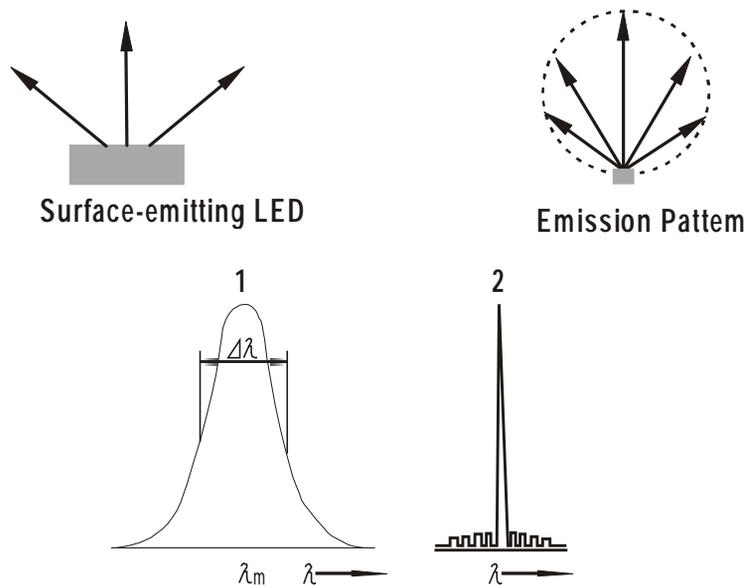


Figura 10. Emisión y ancho espectral de un LED y un diodo láser.

Los diodos láser son más caros, pero ofrecen mayor ancho de banda (capacidad de transmisión en bits/segundo), mayor potencia de salida y menor emisión y ancho espectral (ancho y cantidad de longitudes de onda o frecuencias de transmisión -Ver glosario); esto los hace ideales para cubrir, en combinación con fibras monomodo, grandes distancias con altas velocidades de transmisión de datos.

Las características de un diodo láser son muy sensibles a los cambios bruscos de temperatura, razón por la cual siempre son monitoreados y controlados debidamente para evitar alteraciones en la potencia de salida.

La potencia de un diodo láser es muy alta y concentrada. Nunca mire directamente el extremo de una fibra óptica para evitar serios daños en los ojos.

Como medida de precaución los equipos de fibra óptica deben poseer un mecanismo que apague automáticamente el láser en el momento de efectuar reparaciones o manipular la fibra.

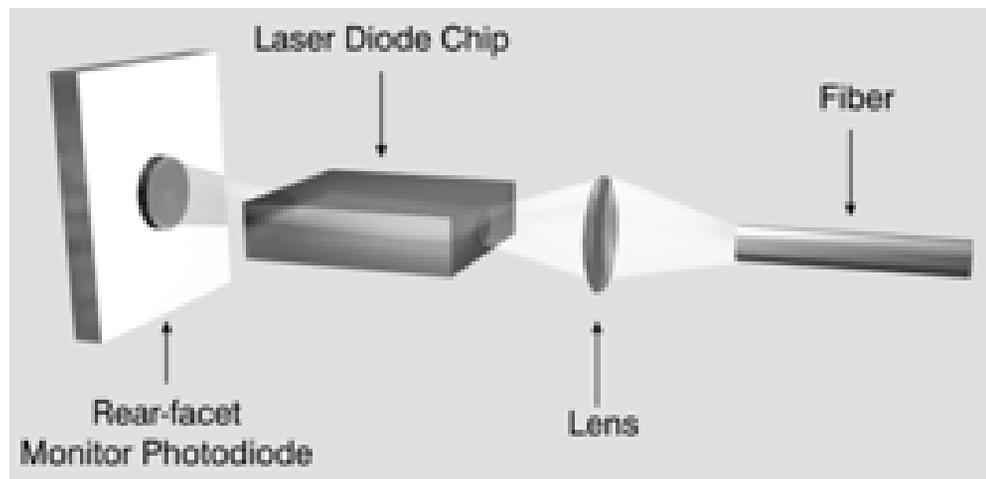


Figura 11. Emisión de un diodo láser

1.2.2 Receptores ópticos

También conocidos como fotodetectores o fotodiodos, reciben la señal luminosa de la fibra óptica y la convierten de nuevo en señal eléctrica.

Los tipos más comunes son los fotodiodos PIN y Avalancha (APD – ver Glosario).

Los fotodiodos PIN son económicos pero poco sensibles. Se utilizan para cortas distancias.

Los fotodiodos avalancha son más sensibles y por lo tanto se utilizan para grandes distancias. Son más caros que los diodos PIN y sus características pueden variar ante cambios bruscos de temperatura.

Los dos fotodiodos anteriores permiten trabajar con altas velocidades de transmisión de datos, solamente varía la distancia máxima permitida.

1.2.3 Módems y multiplexores

Los módems ópticos se utilizan en redes muy cortas y con velocidades de transmisión de datos no muy altas (menores a 140 Mbit / segundo).

La mayoría de estos equipos son económicos, de fácil instalación y configuración para operar.

Los equipos multiplexores suelen ser instalados en redes que manejan altas velocidades de transmisión de datos a grandes distancias.

Normalmente involucran complejas funciones de agrupamiento y distribución de las señales eléctricas o de información a través de la fibra óptica, usando para ello configuraciones de fábrica, o que pueden ser modificadas mediante software y personal especializados.

Los multiplexores pueden ir instalados en la red como equipos terminales, o como amplificadores o repetidores intermedios, de tal forma que regeneran la señal después de varios kilómetros.

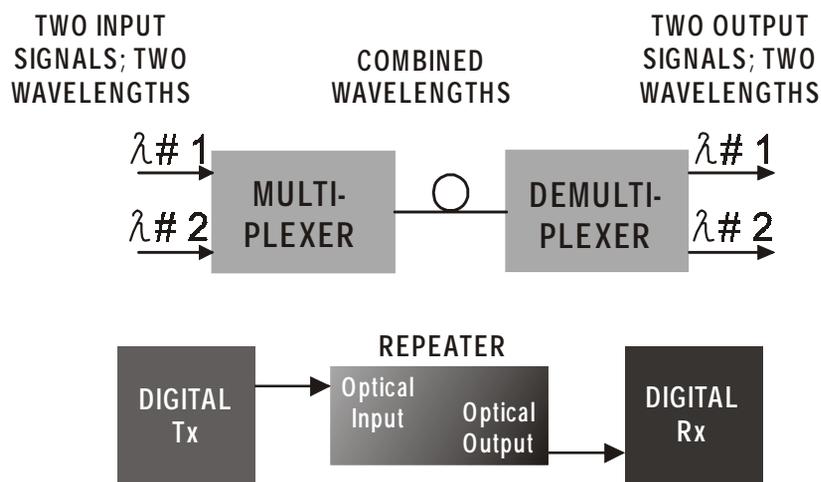


Figura 12. Equipos multiplexores, terminales y repetidores en una red de fibra óptica

1.3 Autoevaluación

1. Mencione dos grandes ventajas de la transmisión por fibra óptica en relación con otros tipos de redes de telecomunicaciones.
2. Describa las capas componentes de una fibra óptica, sus características y función.
3. Describa dentro de un enlace de fibra óptica todos los componentes y elementos de red (cable, conectores, equipos terminales, repetidores, transmisores, receptores y distribuidores ópticos), estableciendo relaciones entre ellos.
4. Defina los siguientes conceptos:
 - Longitud de onda
 - Atenuación de la fibra óptica
 - Emisión y ancho espectral
5. Consulte al menos 2 recomendaciones de la UIT sobre cables de fibra óptica.

UNIDAD 2

Prueba del cable de fibra óptica

Guía de aprendizaje

Presentación

En este capítulo se consideran todos los aspectos relacionados con las pruebas que se deben realizar al cable de fibra óptica, antes, durante y después de la instalación para garantizar el correcto funcionamiento de los equipos terminales.

De la cuidadosa ejecución de las pruebas depende la calidad del servicio que se presta. Por ello es fundamental que usted comprenda los parámetros, las condiciones, las variaciones y los rangos óptimos en cada uno de los aspectos sujetos a pruebas y mediciones.

Resultados de aprendizaje

- Reconocer las pruebas que se deben aplicar al cable y a la red de fibra óptica, a fin de verificar su funcionamiento y calidad del servicio.



- Identificar conceptual y prácticamente la atenuación característica y las pérdidas totales, en un cable de fibra óptica.
- Verificar, a partir de una práctica, el estado de un cable de fibra óptica, aplicando todas las pruebas pertinentes.
- Describir los niveles de calidad del servicio a partir de los resultados obtenidos en la aplicación de pruebas para verificar el estado del cable en la práctica anterior.

Metodología de abordaje del tema

Por ser un dominio eminentemente práctico se sugiere la actividad grupal, guiada por el instructor. Debe estar acompañada de guías de procedimientos y de explicaciones respecto de cada uno de los parámetros a medir, sus variaciones físicas y su incidencia en el funcionamiento del cable o de la red.

Dado el carácter técnico de este capítulo, es fundamental que usted comprenda cada una de las descripciones y procedimientos, y que establezca el sentido de los mismos respecto del proceso general. Para ello se le recomienda concentrarse exclusivamente en la lectura y práctica posterior, a fin de que pueda garantizar que su trabajo satisfaga los requerimientos de este procedimiento.

Responda las preguntas de ubicación temática y las de autoevaluación. Luego regrese a la cartilla para verificar qué tan precisas y completas fueron sus respuestas. Repase los contenidos en caso de ser necesario.

Autodiagnóstico

- ¿Qué tipo de pruebas se aplican a los cables y redes de fibra óptica?
- ¿Cuál es el propósito de cada una de las pruebas definidas anteriormente?
- ¿Qué aparatos o equipos se requieren para aplicar las pruebas?
- ¿Qué procedimientos deben seguirse al momento de aplicar las pruebas?
- ¿Qué personas son las encargadas de efectuar estas pruebas?



Recursos

Listado de recursos, equipos e instrumentos necesarios para realizar la prueba del cable de fibra óptica.

1. **OTDR – Reflectómetro óptico en el dominio del tiempo.** Equipo utilizado para observar el estado general del cable, longitud instalada, detectar fallas o rompimientos del cable, empalmes realizados y otros eventos.

El OTDR trae su propio software empotrado y permite grabar en disket las pruebas de cada fibra óptica (gráficas y datos).

2. **Generador de potencia óptica.** Equipo usado para inyectar potencia óptica dentro de la fibra; usualmente puede transmitir un nivel ajustable dentro de varias ventanas o lambdas de trabajo (850, 1310 y 1550 nm).
3. **Medidor de potencia óptica.** Permite medir la potencia recibida en decibeles (dBm), para una, dos o tres lambdas de trabajo.
4. **Atenuador óptico variable.** Utilizado para regular la potencia óptica que llega al receptor o medidor, específicamente cuando se quiere medir la tasa de error y el umbral de un enlace.
5. **Empalmador óptico.** Aunque la conexión al cable suele hacerse en el distribuidor óptico a través de conectores coaxiales, este equipo puede requerirse en caso de emergencia.
6. **Cables cortos de fibra óptica, pig tails y patch cord.** Utilizados para facilitar la conexión de los equipos de medición.
7. **Elementos generales de limpieza.** Normalmente se trata de un kit o pequeña maleta con todos los elementos para limpiar conectores y extremos de los cables de fibra óptica.
8. **Protocolo de pruebas.** Es el documento en el cual se indica el procedimiento para cada prueba, y en el que además se registran los datos y resultados de cada una de ellas (este documento incluye las pruebas locales y de enlace). Debe ir correctamente diligenciado y firmado por el personal que realiza las pruebas (cliente y proveedor).

2.

Prueba del cable de fibra óptica

En las figuras siguientes se muestran dos tipos de instalaciones externas típicas en una red de telecomunicaciones por fibra óptica.

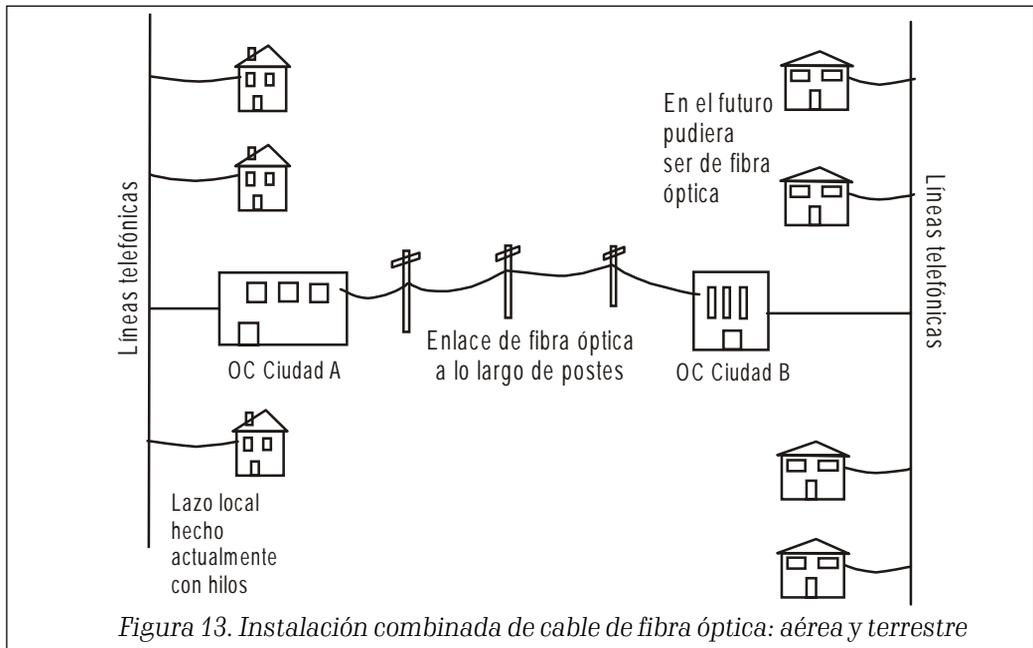


Figura 13. Instalación combinada de cable de fibra óptica: aérea y terrestre

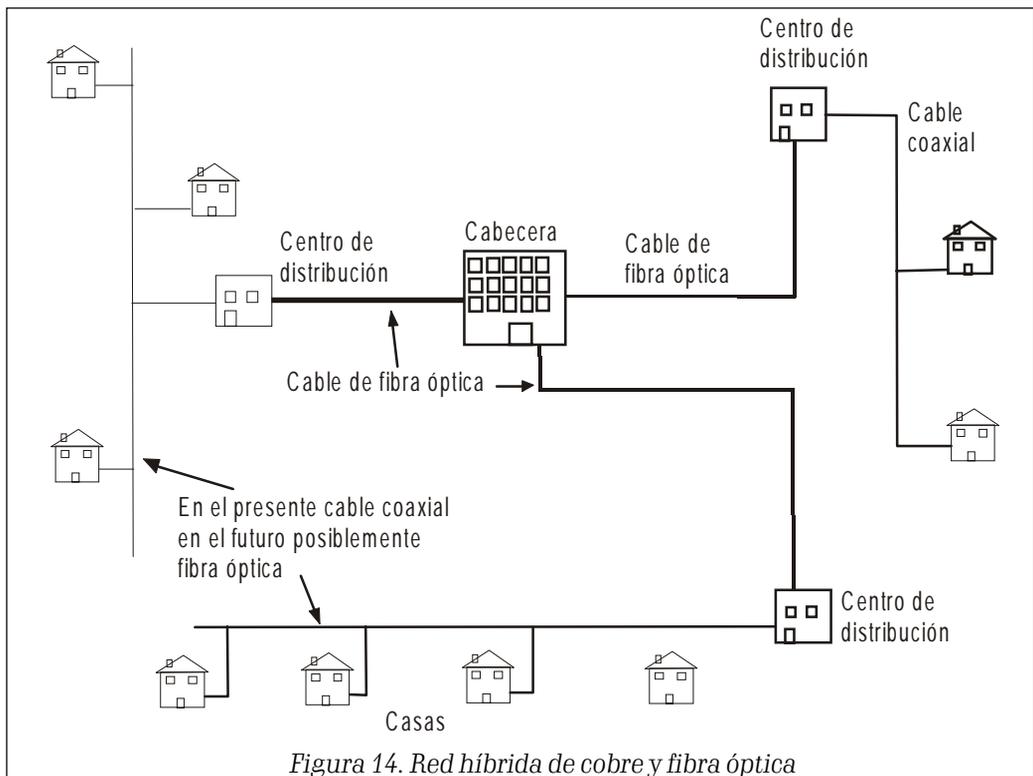


Figura 14. Red híbrida de cobre y fibra óptica

Como parte esencial y prioritaria, antes de probar y poner una red en servicio, se debe realizar la medición de las pérdidas totales del enlace de fibra óptica.

Este procedimiento no solamente arroja una medida, sino que sirve de referencia para el estado inicial de la fibra, que debe ser tenido en cuenta cada vez que se haga una reparación o mantenimiento de la misma.

Existen dos formas de medición:

- Medición con OTDR (Optical Time Domain Reflectometro-Reflectómetro óptico en el dominio del tiempo –ver Glosario).
- Medición con generador y medidor de potencia óptica.

2.1

Medición con OTDR

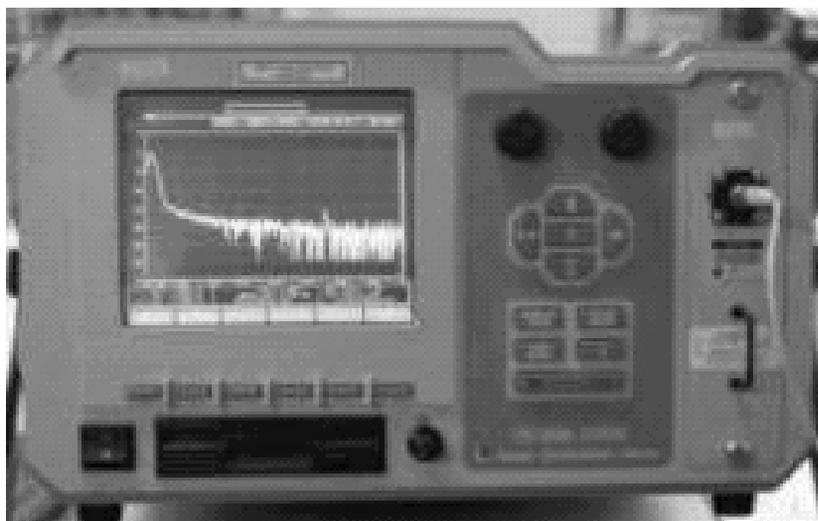


Figura 15. OTDR-Reflectómetro óptico en el dominio del tiempo

Esta medición arroja una curva en pantalla, con el eje X en distancia y el eje Y en atenuación.

De la curva se pueden obtener reportes respecto a: la atenuación de la fibra, las pérdidas de los empalmes, las pérdidas en los conectores y la ubicación de las fallas.

Con el OTDR se pueden localizar en forma casi exacta todas las fallas, presiones o rompimientos que pueda presentar la fibra en un momento dado.

Dependiendo de la disponibilidad de tiempo y dinero, la medición con OTDR se puede hacer en ambos extremos del enlace de la fibra; de esta forma las pérdidas en el enlace y en cada evento serían simplemente el promedio aritmético de los dos resultados obtenidos en ambas direcciones.

En síntesis, la curva obtenida con el OTDR da una imagen completa del estado actual de la fibra.

El OTDR envía un pulso de luz por la fibra, el cual se refleja en el punto de la falla o en el final de la fibra, y luego retorna al OTDR; este tiempo total lo mide el OTDR.

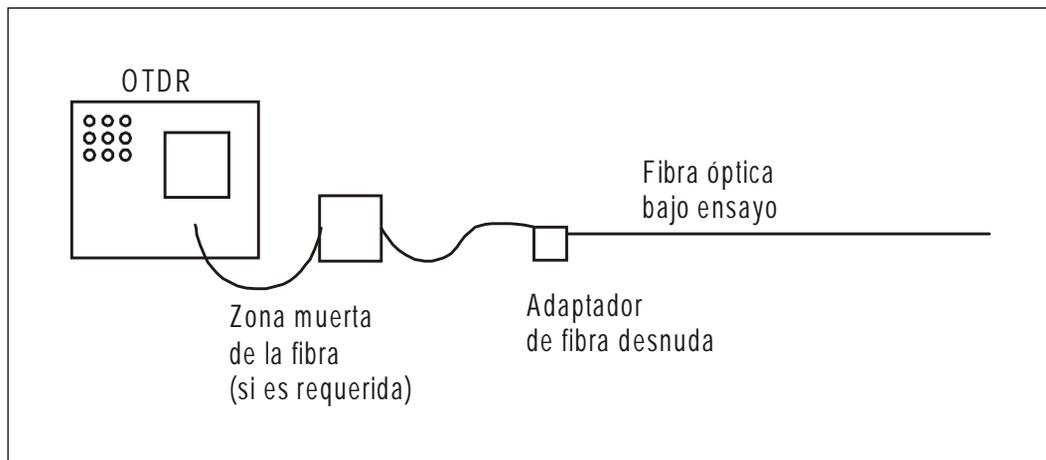


Figura 16. Uso del OTDR para probar un cable de fibra óptica

Con estos datos el OTDR calcula la distancia a la cual se encuentra la falla:

$$\text{Distancia} = (C / 2.N) . T$$

Siendo C la velocidad de la luz, 300.000 kms/seg.

N es el índice de refracción del núcleo.

T es tiempo de retorno del rayo de luz.

El OTDR también mide la potencia del pulso reflejado, mostrando en pantalla la atenuación de la fibra óptica en función de la distancia.

Las siguientes son las curvas típicas obtenidas en un OTDR, en las cuales se especifican algunos de los principales eventos.

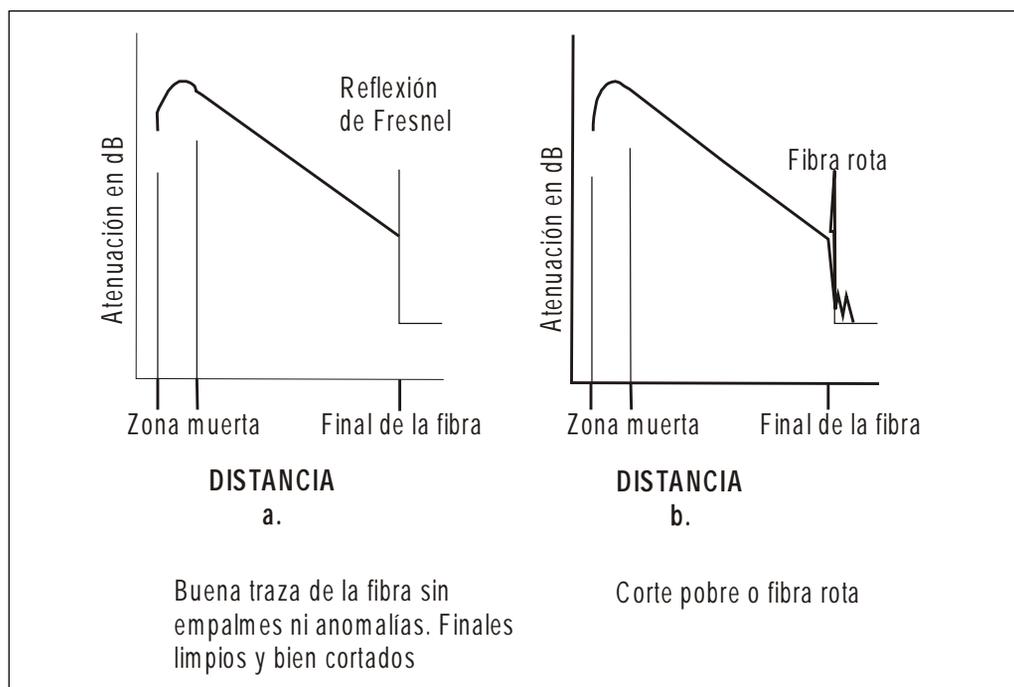


Figura 17. Curvas características del OTDR

Nota: La zona muerta es el primer pico en la gráfica; indica el inicio de la fibra

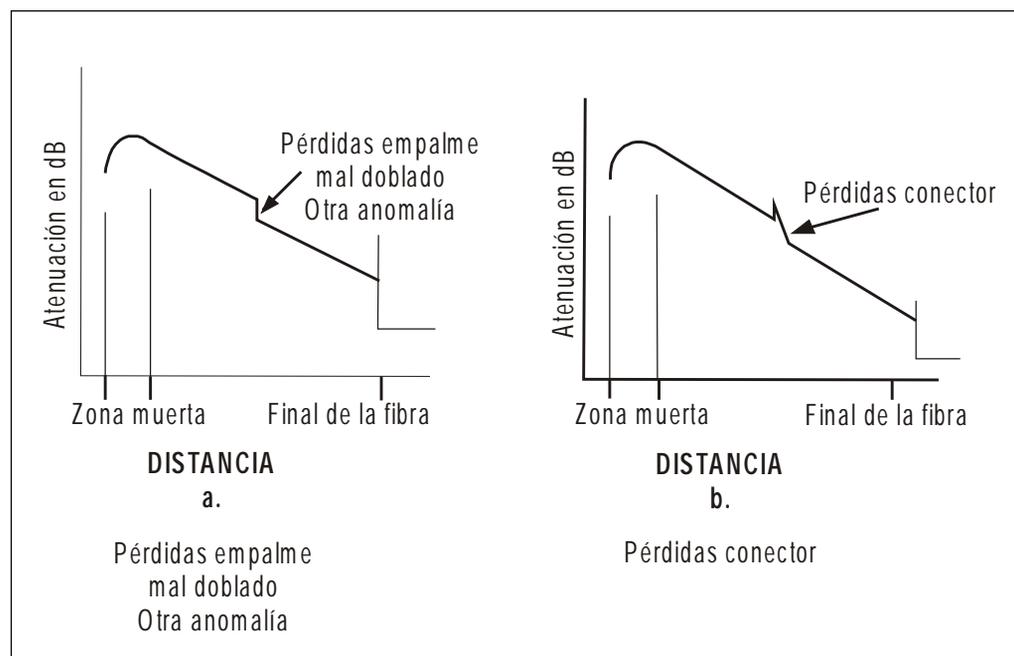


Figura 18. Empalmes y pérdidas en un enlace de fibra óptica

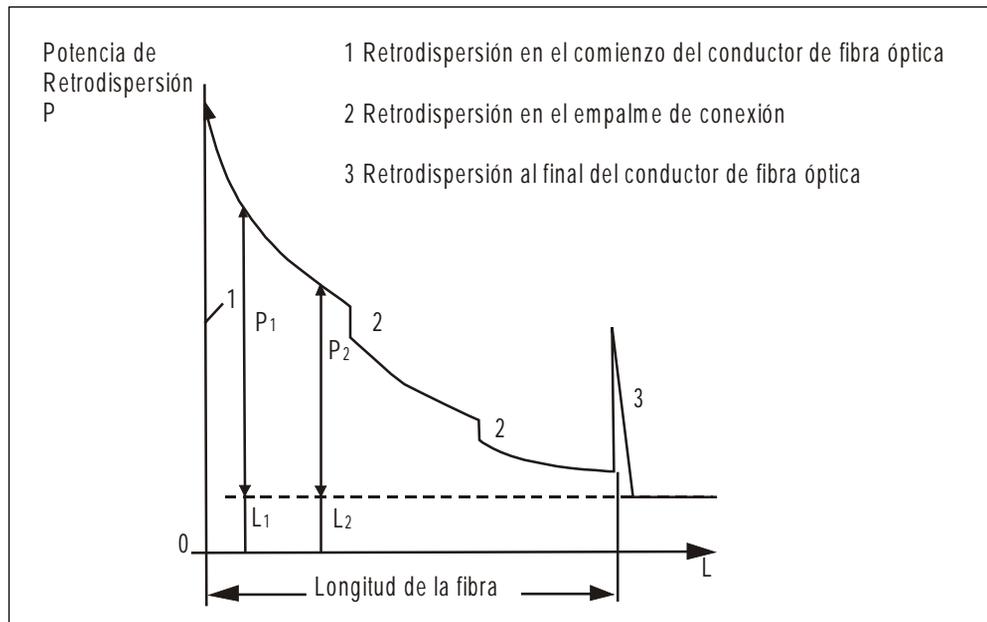


Figura 19. Gráfica general de un OTDR

Reflectómetro óptico en el dominio del tiempo —OTDR—

El OTDR no requiere configuraciones o programaciones complejas para su operación; normalmente cada equipo trae su manual de instrucciones, sin embargo los principales parámetros que se deben ajustar antes de probar la fibra son los siguientes:

- Tipo de fibra: Monomodo – Multimodo
- Índice de refracción (1.46, 1.47, etc)
- Lambda o ventana de trabajo (850, 1310, 1550 nm)
- Longitud aproximada de la fibra
- Distancia aproximada al daño o empalme
- Nivel de potencia del pulso luminoso
- Duración del pulso luminoso de acuerdo con la longitud estimada del cable de fibra a probar: muy corto (menos de 5 kilómetros), corto (entre 5 y 10 kilómetros), medio (de 10 a 20 kilómetros), largo (entre 20 y 30 kilómetros), muy largo (superior a 30 kilómetros).

2.2

Generador y medidor de potencia óptica

Se puede decir que la diferencia entre la potencia de transmisión y la potencia de recepción, da la atenuación o pérdida total del enlace, tal como se muestra en la siguiente figura.

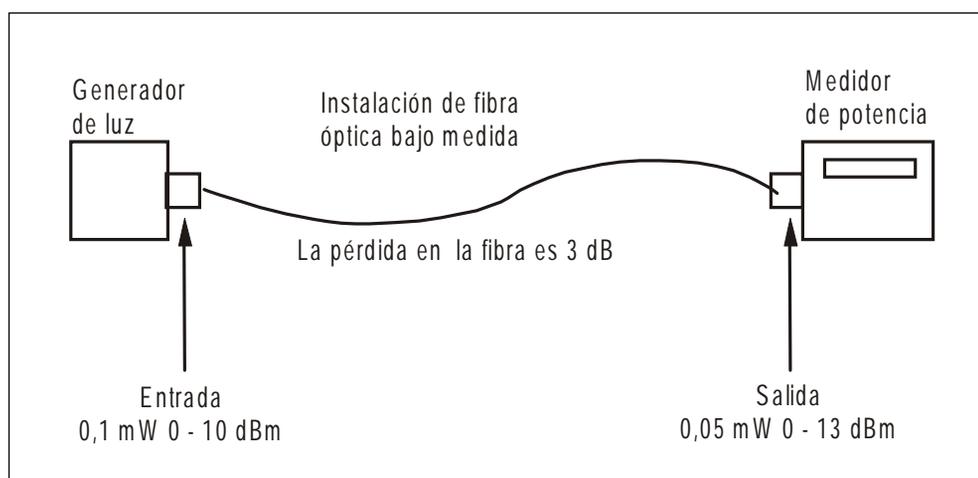


Figura 20. Medición de potencia óptica en recepción

Pérdida (dB) = $10 \text{ Log} (\text{potencia entrada} / \text{potencia salida})$
 Dadas las potencias en milivatios (mW)

Por ejemplo,

Potencia de entrada = 1 mW ; Potencia de salida = 0.5 mW

Esto equivale a una pérdida de:

$$10 \text{ Log} (1 / 0.5) = 3 \text{ dB}$$

Cuando se miden las pérdidas en dB de varios tramos que conforman un enlace de fibra óptica, la sumatoria de éstas es la pérdida total.

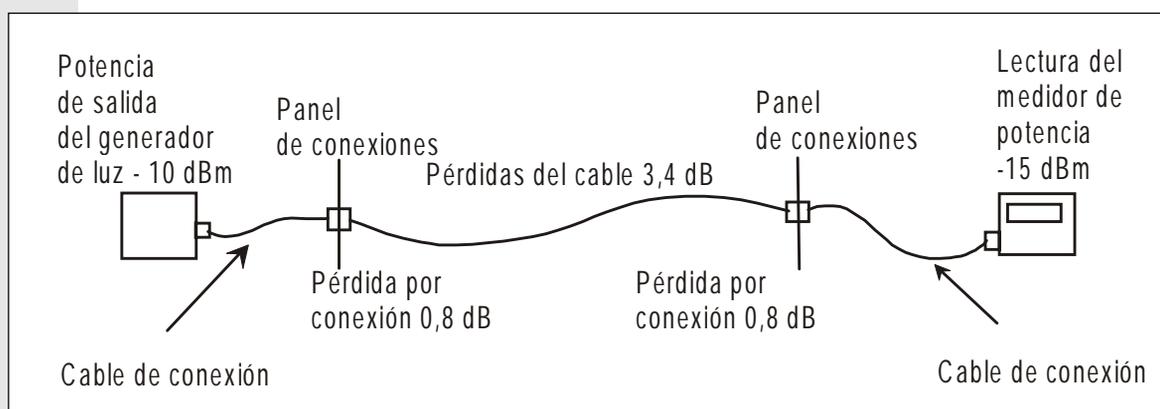


Figura 21. Medición de potencia óptica en cada tramo del enlace

Es importante tener en cuenta que al momento de usar un patch cord (cable corto de fibra óptica con dos conectores en sus extremos) para la conexión de los equipos de medición, la pérdida de éste se considera inferior a 1 dB (esto incluye los dos conectores en los extremos).

En la siguiente figura se muestran dos conexiones típicas para la medición del enlace:

- En bucle (prueba con cable de retorno)
- Punto a punto (prueba de extremo a extremo)

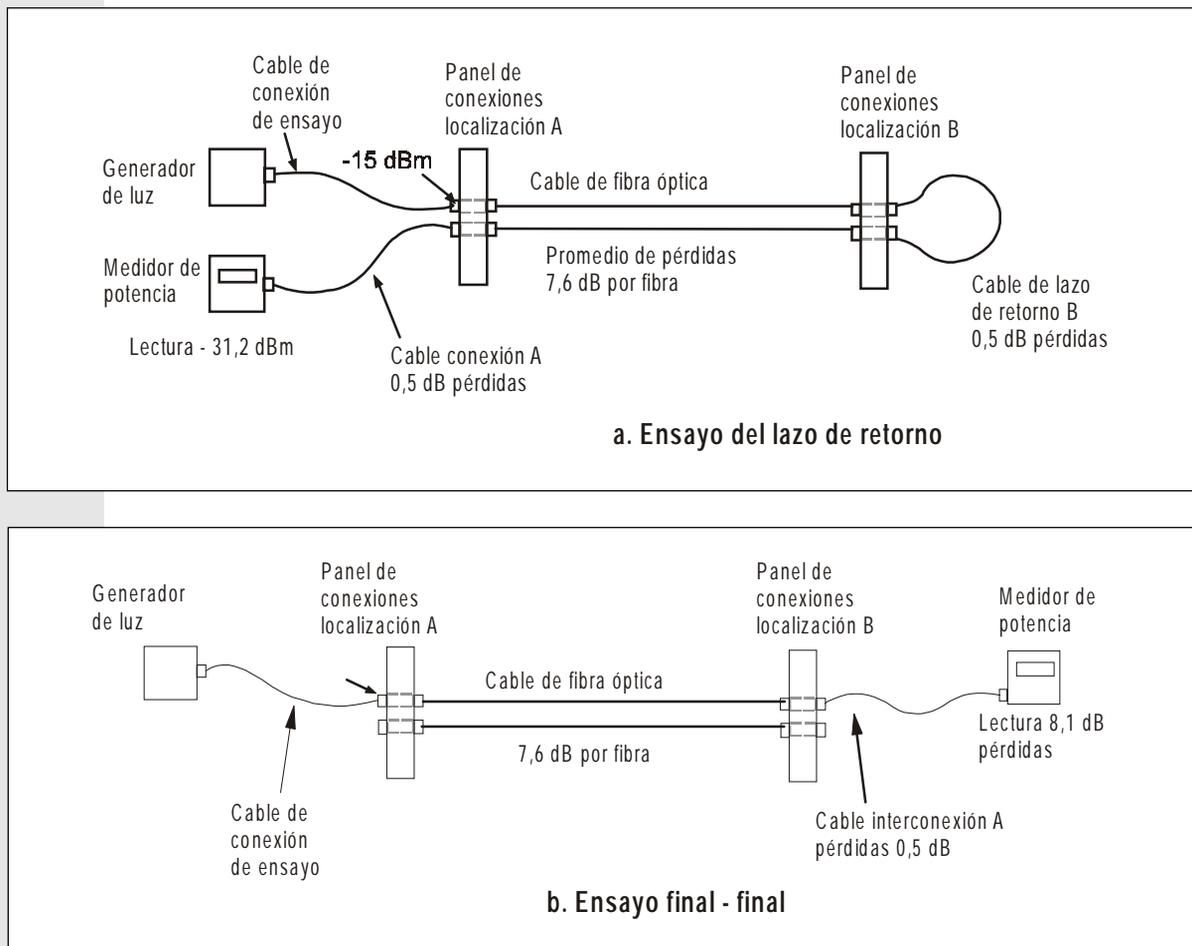


Figura 22. Medición de potencia óptica: En bucle y punto a punto

Generador y medidor de potencia óptica

Estos equipos son de amplio uso en cualquier enlace de fibra óptica; su configuración no requiere mayores ajustes, no obstante cada fabricante suministra un manual de instrucciones.

Parámetros básicos a configurar:

- Ventana o lambda de trabajo (850, 1310, 1550 nm)
- Rango de potencia de transmisión y recepción en dBm
- Conectores o adaptadores para la conexión del cable



Figura 23. Generador y medidor de potencia óptica

Autoevaluación

1. Defina el concepto de atenuación característica de la fibra
2. Defina el concepto de pérdidas totales de un enlace
3. Consulte la equivalencia entre Vatios y dBm para mediciones de potencia
4. Dada la gráfica de un OTDR identifique e interprete todos los accidentes que se dan en ella (zona muerta, empalmes, atenuaciones, etc)

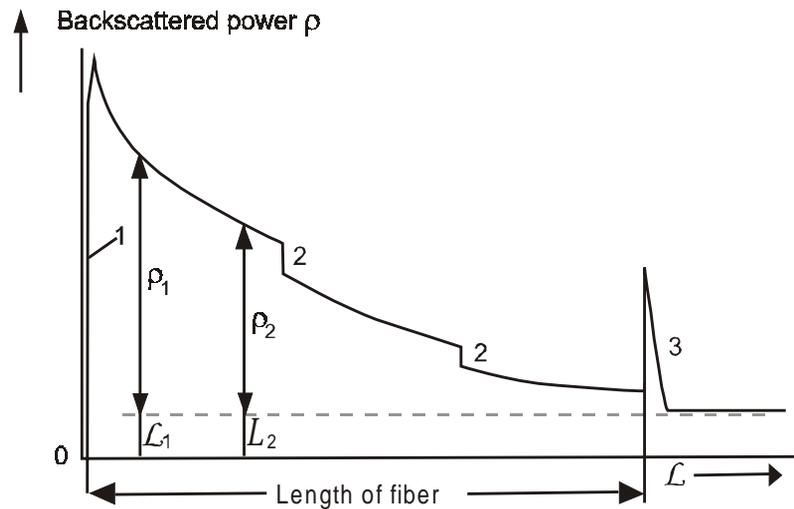


Figura 24. Gráfica obtenida con un OTDR en un cable de fibra óptica

UNIDAD 3

Prueba de equipos

Guía de aprendizaje

Presentación

En este capítulo se consideran todas las pruebas locales y de enlace que se requieren dentro de un sistema de fibra óptica para asegurar la calidad y buen funcionamiento del mismo.

Entre ellas se destacan las pruebas de medición de potencia de transmisión y recepción, la tasa de error, el umbral de recepción y la prueba de golpes ligeros.

Efectuar estas pruebas conforme a los criterios técnicos más exigentes es la garantía de funcionamiento del sistema y por tal razón su comprensión amplia permite detectar fallas y evitar daños que puedan afectar no sólo la calidad del servicio, sino, eventualmente, los equipos.



Resultados de aprendizaje

- Diferenciar los tipos de pruebas utilizadas para la puesta a punto de los equipos terminales de fibra óptica.
- Reconocer los parámetros que deben cumplir los equipos terminales de fibra óptica en términos de velocidad de transmisión, ancho de banda, potencia y pérdida de señal.
- Establecer las configuraciones básicas de los equipos terminales de fibra óptica y sus niveles de variabilidad admisibles.
- Describir los referentes teóricos (conceptos) que sustentan el proceso de aplicación de pruebas a equipos terminales y la utilidad del mismo.

Metodología de abordaje del tema

Se recomienda la sesión en laboratorio, para verificar cada uno de los aspectos que se están describiendo a lo largo la unidad. De lo contrario, será un aprendizaje descontextualizado y susceptible de errores e imprecisiones.

El acercamiento conceptual a los referentes que sustentan las pruebas locales y de enlace es fundamental antes de ejecutar los pasos que implican. Comprender en qué medida los resultados obtenidos son criterios que afectan la toma de decisiones le reportará beneficios en cuanto a la precisión y oportunidad de su respuesta.

Por lo anterior se le sugiere verificar si cuenta con la suficiente claridad y precisión en los conocimientos previos exigidos. Esto le garantizará efectividad en la fase siguiente relacionada con la comprensión e implementación de procedimientos de verificación de calidad.

Una vez estudie la unidad y haya efectuado las prácticas exigidas, resuelva la autoevaluación y verifique su nivel de aprendizaje tanto conceptual como procedimental.

Autodiagnóstico

- ¿Qué tipo de pruebas se efectúan para asegurar la calidad y funcionamiento de un sistema de fibra óptica?
- ¿Qué equipos son los requeridos para efectuar cada una de las pruebas?



- ¿Cuáles aspectos deben ser tenidos en cuenta al evaluar el resultado de las pruebas?

Recursos

Listado de recursos, equipos e instrumentos para la prueba de equipos:

1. Medidor de potencia óptica
2. Generador de potencia óptica
3. Atenuador óptico variable
4. Equipo medidor de tasa de error (transmisor y receptor)
5. Computador portátil con el software aplicativo
6. Manuales de equipos e instrumentos
7. Procedimiento y protocolo de pruebas
8. Formatos de registros de datos y resultados de las pruebas

3. Prueba de equipos

La mayoría de las pruebas que se realizan sobre los equipos se pueden clasificar en dos grandes grupos: pruebas locales y pruebas de enlace. Las primeras se ejecutan directamente sobre cada equipo terminal sin involucrar el equipo del otro extremo del enlace. Las segundas consideran los equipos punto a punto para el chequeo de las principales variables del enlace.

Estas pruebas suelen hacerse con los equipos fuera de servicio para ponerlos a punto; en algunos casos específicos se pueden hacer sin que haya necesidad de suspender el servicio o sacar los equipos de operación.

3.1 Revisión de la instalación

Antes del encendido de los equipos se deberá revisar la instalación en su conjunto, haciendo énfasis en los soportes físicos y fijación del equipo, aspectos de seguridad física y eléctrica, acometida eléctrica, acometida de los diferentes cables que llevan las señales, distribuidores de banda base y de fibra óptica, distribuidores ópticos, cajitas, manguitos y casetes de empalme, entre otros.

Esta revisión se reduce a verificar la correcta conexión del sistema de alimentación eléctrica y del sistema de tierra, observando cuidadosamente las polaridades de los cables, los rangos de voltaje, los sistemas de protección eléctrica, tales como fusibles rápidos y caja de breakers (interruptores), además los sistemas de alimentación alterna (plantas eléctricas de gasolina o diesel, sistemas de baterías y energía solar) como se muestra en la Figura 25.

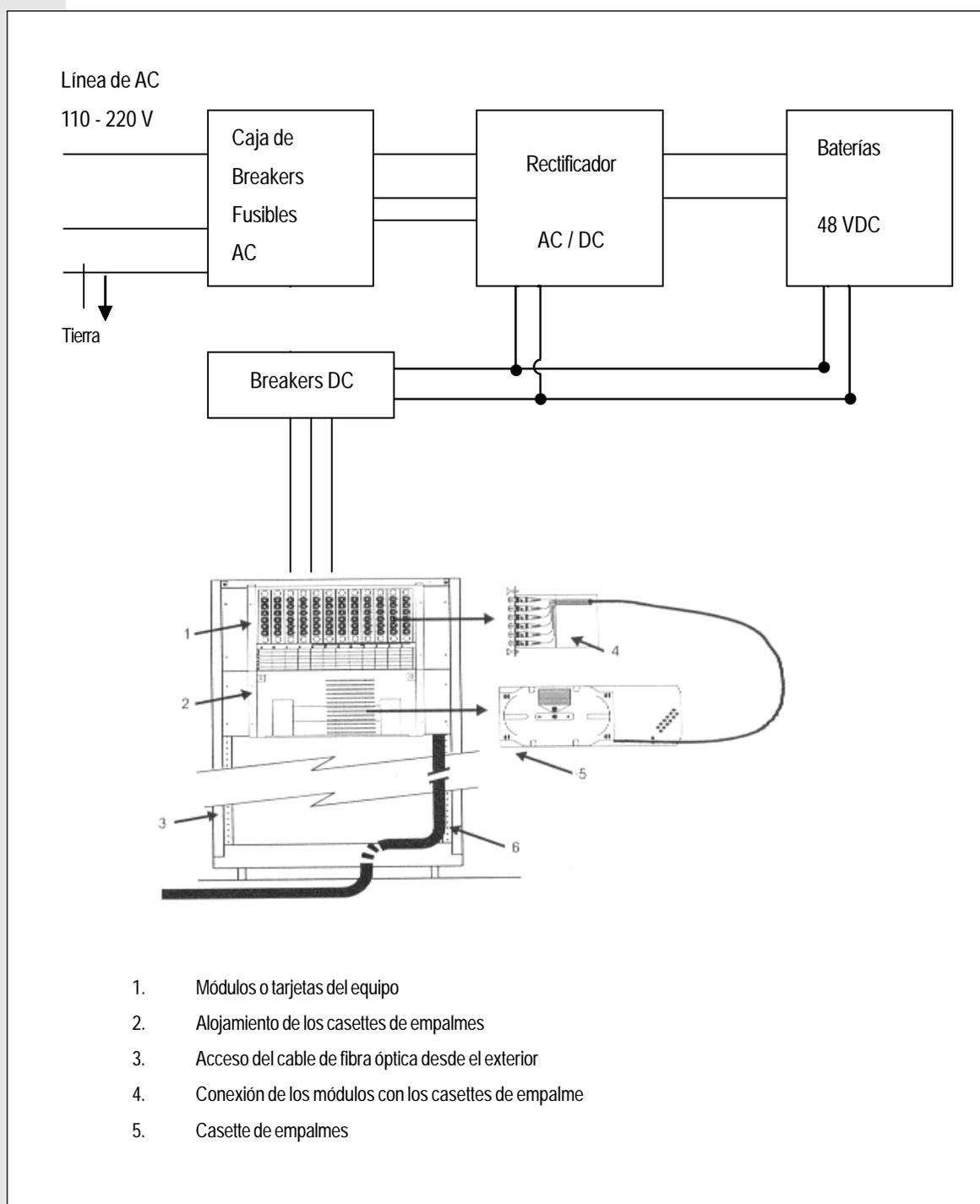


Figura 25. Instalación general del equipo

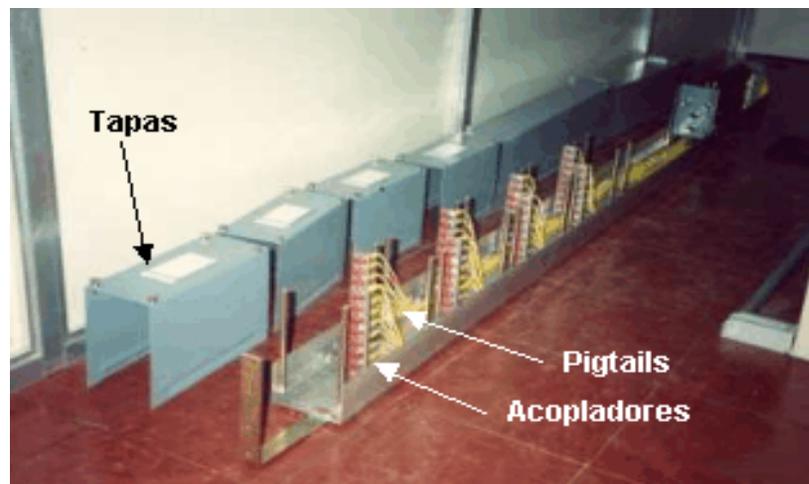
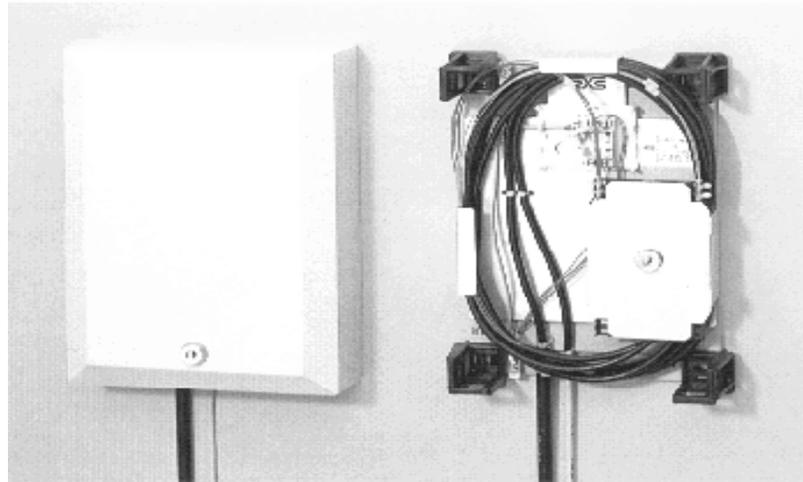
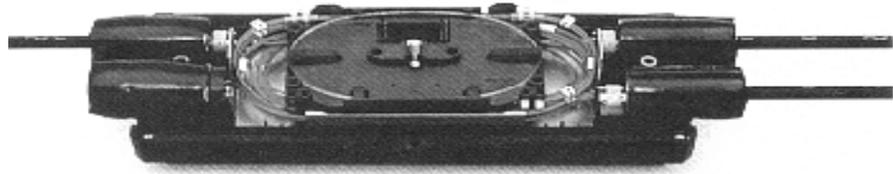


Figura 26. Manguito de uso externo, cajita de empalmes para uso interno y distribuidor de cables de fibra óptica ODF

Aunque muchos ajustes ya vienen listos de fábrica, se recomienda revisar los mini-switches, puentes o jumpers en cada módulo; éstos indican los niveles de impedancia, potencia de transmisión y recepción y protecciones, entre otros aspectos.

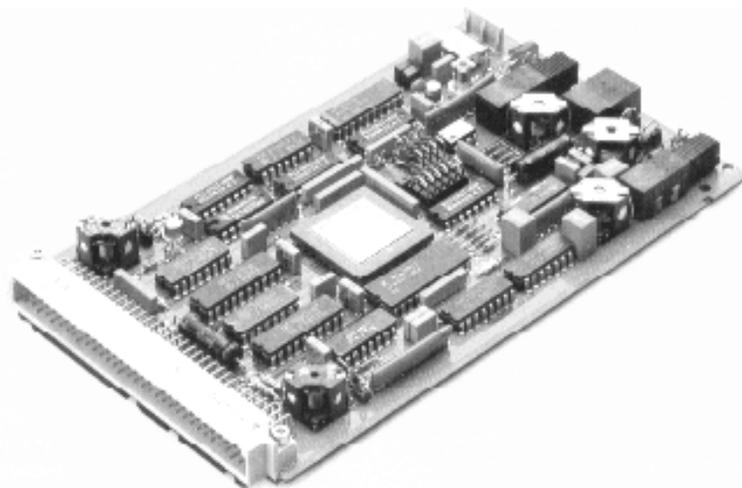


Figura 27. Módulo con mini-switches y puentes para ajustes de fábrica

De ser posible, se recomienda realizar una visita técnica a la instalación del cable de fibra óptica para observar, en términos generales, el estado actual del tendido, cámaras, manguitos o empalmes, reservas, tapas de las cámaras, cruces de calles, puentes y otros predios, de modo que cumpla los requisitos necesarios.

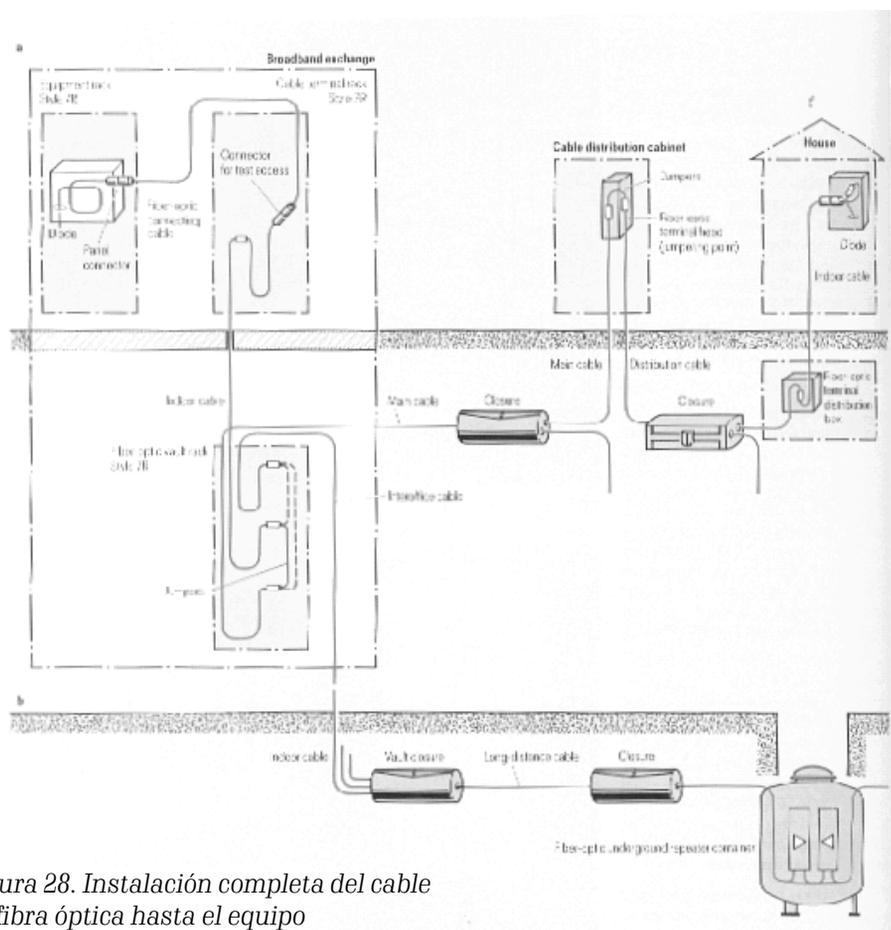


Figura 28. Instalación completa del cable de fibra óptica hasta el equipo

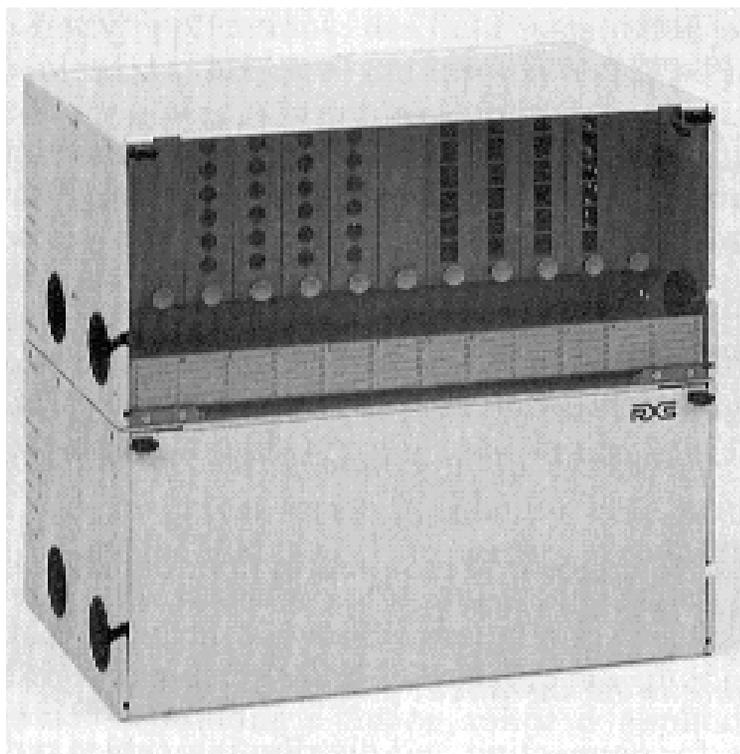


Figura 29. Equipo terminal de fibra óptica

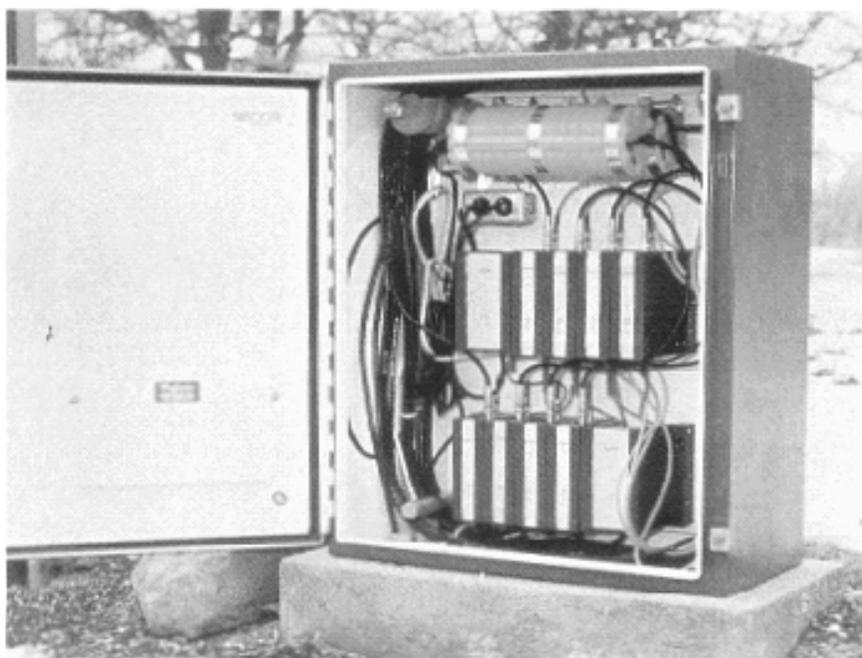


Figura 30. Repetidor activo de fibra óptica

3.2

Medición de variables básicas

3.2.1 Potencia de transmisión

De acuerdo con las especificaciones dadas por el fabricante, la potencia de transmisión del equipo se deberá medir con un medidor de potencia óptica, calibrado previamente en la ventana o lambda de trabajo, para verificar el cumplimiento de las especificaciones.

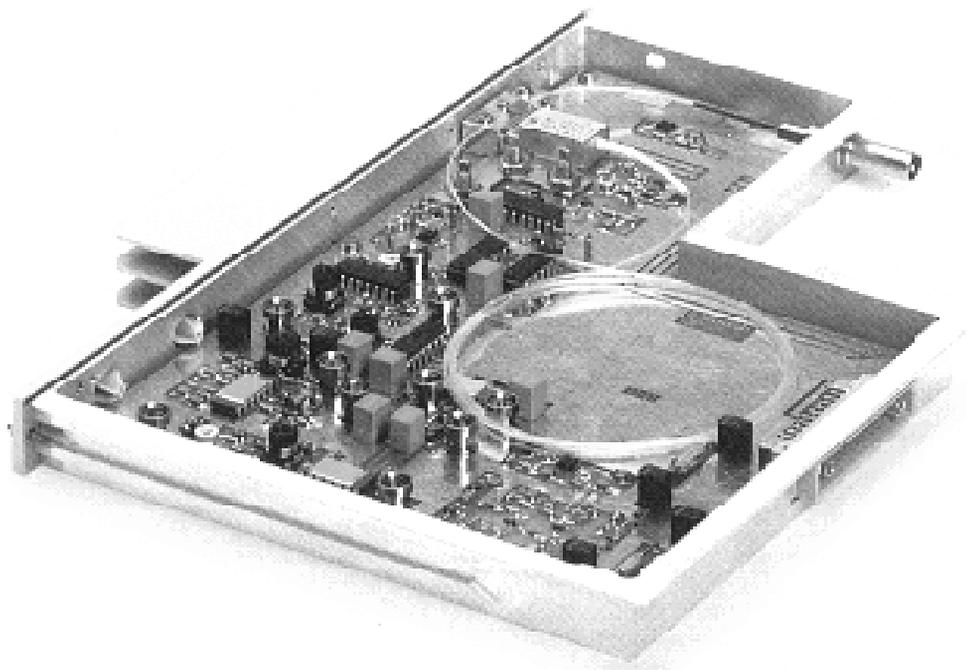


Figura 31. Módulo transmisor de fibra óptica conteniendo el diodo láser

3.2.2 Nivel y umbral de recepción del equipo

El nivel normal de recepción se mide con los equipos fuera de servicio, tal como se muestra en la figura siguiente, para verificar que cumpla las especificaciones.

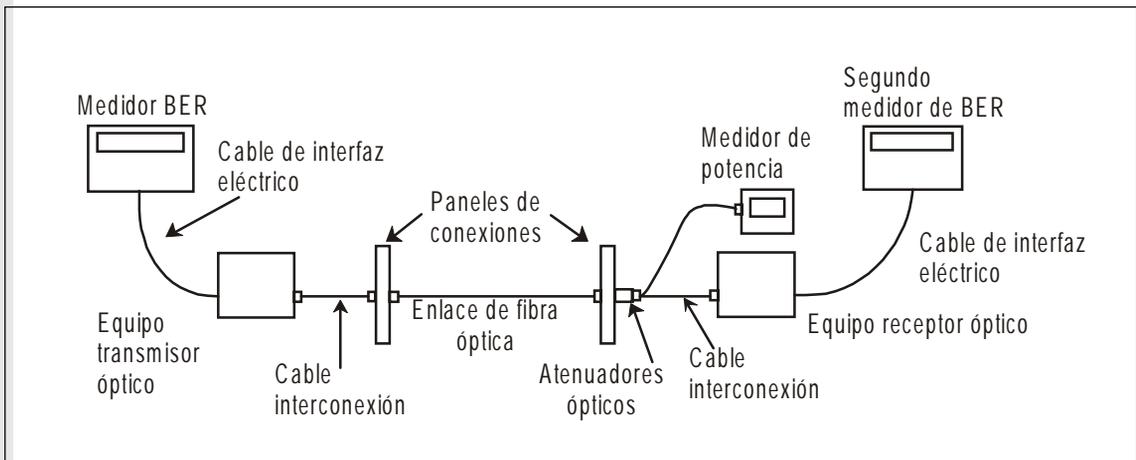


Figura 32. Medición de la potencia umbral de recepción

Para ello se enciende el equipo de un extremo bajo condiciones normales, tomando la precaución de que el circuito de apagado automático del láser esté deshabilitado y el atenuador óptico variable esté en cero, para poder tomar la lectura en el otro extremo de la fibra.

Este valor será el nivel normal de recepción, y con el cual operará el equipo del extremo receptor.

El nivel de umbral de recepción es la mínima potencia óptica a la entrada del equipo, con la cual se cumplen las especificaciones de la tasa de error dada por el fabricante (típico, 10 a la menos 10, o 10 a la menos 9).

Con este valor se puede hallar el margen de recepción, es decir, el rango adicional de pérdidas en el enlace, que se puede tolerar sin dejar de cumplir con las especificaciones de tasa de error.

El procedimiento es sencillo: con el uso de un medidor de B.E.R y un atenuador óptico variable se halla el punto en el cual la tasa de error sea de 10 a la menos 10, por ejemplo.

Una vez alcanzado este punto, se mide con un medidor de potencia el nivel óptico recibido. Dicho valor es el umbral del receptor.

Atenuador óptico variable

Cada fabricante suministra el equipo con un manual de instrucciones; no obstante, su configuración para operarlo no es compleja: basta con seleccionar el nivel adecuado de potencia recibida en dBm, el nivel inicial de atenuación en dB, el λ de trabajo, y algunas veces el índice de refracción.

Todo equipo posee un botón o perilla que permite variar el nivel de atenuación a voluntad.

Este equipo suele usarse conjuntamente con una fuente y un medidor de potencia óptica, tal como se ha visto anteriormente.

Estos tres equipos, con las herramientas y cables de conexión básicos normalmente van en un solo kit, llamado maleta óptica.



Figura 33. Atenuador óptico variable

3.2.3 Apagado del láser

Como medida de protección para el personal que manipula los equipos terminales de fibra óptica, estos deberán traer incorporado un circuito de apagado automático del láser de transmisión (ALS – Automatic Laser Shutdown – ver Glosario), el cual sirve para apagar la transmisión de potencia óptica cuando el cable se rompe, se abre o se interrumpe por alguna razón.

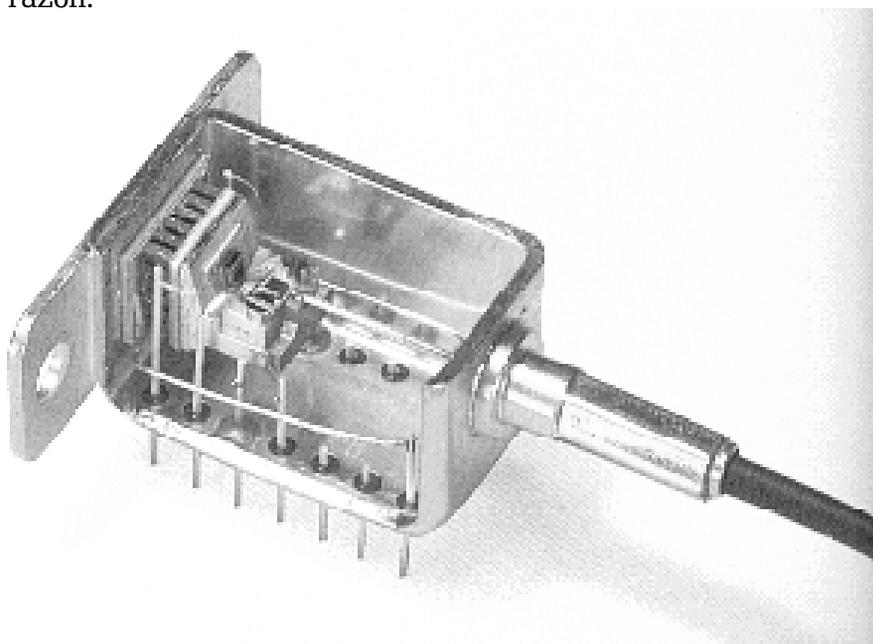


Figura 34. Diodo láser usado como transmisor óptico

3.2.4 Banda base

Esta prueba suele ser sencilla; se trata simplemente de verificar que los equipos sí estén configurados a la velocidad en Mbits/seg para los cuales fueron instalados, acorde con las especificaciones del fabricante.

Este tipo de prueba es similar a la prueba de tasa de error, la cual se describe completamente en el siguiente numeral.

La prueba de banda base se rige por los estándares o recomendaciones de la UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones), dentro de las cuales podemos mencionar las siguientes:

- Rec. G703, Rec. G704 Interfaces PCM, PDH
- Rec. G707 – Interface sobre jerarquías digitales SDH

En estas recomendaciones se tratan todos los estándares sobre velocidad, voltajes, tiempo, tolerancia, etc, que se deben tener en cuenta para interconectar equipos de diferentes marcas dentro de una red de comunicaciones.

La prueba de banda base como tal, se puede describir dentro de los siguientes pasos:

1. Comprobar con el medidor de tasa de error que no se presenten alarmas de pérdida de señal entrante, pérdida de trama, pérdida de sincronismo y señal de indicación de alarma.
2. Verificar que exista correspondencia entre cada tributario o puerto durante las pruebas locales y punto a punto o de enlace.
3. Utilizando el software o paquete aplicativo propio de cada equipo, marca o fabricante, configurar, programar o hacer todos los ajustes pertinentes en cada tarjeta o módulo de acuerdo con la planeación del proyecto.

Como se dijo anteriormente, la disposición de equipos para realizar esta prueba es la misma que se hace en la medición de tasa de error.

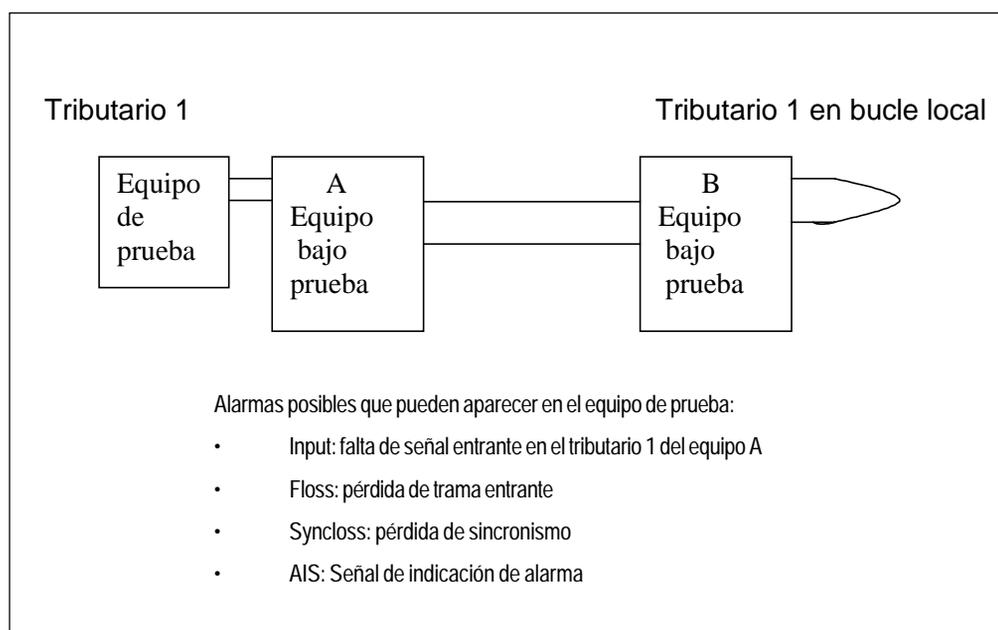


Figura 35. Configuración básica para la prueba de banda base

3.2.5 tasa de error

La medición de la tasa de error sirve para verificar la calidad del enlace. La tasa de error (B.E.R. – Bit Error Rate – Ver Glosario) puede medirse localmente con el equipo fuera de servicio (bucle físico o por software), punto a punto (en o por fuera de servicio) o en configuración mixta.

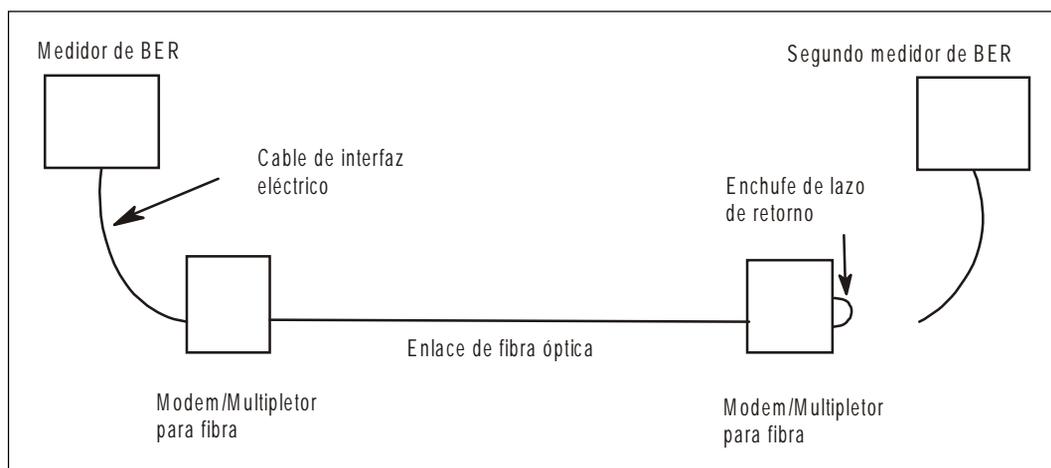


Figura 36. Medición de la tasa de error punto a punto

El equipo medidor de B.E.R. consiste en un transmisor y receptor, al cual se le configuran los siguientes parámetros:

- Patrón pseudoaleatorio de prueba para simular el tráfico real (ver Glosario)
- Velocidad de transmisión en bits/seg (ver Glosario)
- Código de línea (ver Glosario)
- Tiempo de medición

Algunas tasas obtenidas en enlaces reales:

- Una tasa de 10 a la menos 9, indica en promedio un bit errado por cada mil millones de bits enviados (un enlace de fibra óptica maneja una tasa de 10 a la menos 10).
- Una tasa de 10 a la menos 6, indica en promedio un bit errado por cada millón de bits transmitidos; a este nivel un enlace ya se ha degradado lo suficiente como para tomar medidas correctivas que eviten el mal funcionamiento del enlace: cambiar módulos, revisar la instalación del cable, etc.
- Una tasa de 10 a la menos 3, indica en promedio un bit errado por cada mil bits transmitidos; a este nivel el enlace está totalmente por fuera de servicio, el sistema entra en silenciamiento generando una señal de indicación de alarma AIS – ver Glosario.

Equipo medidor de tasa de error

Cada fabricante provee un manual de instrucciones para su configuración y operación en la medición de la tasa de error en una red de telecomunicaciones.

Este equipo realmente se compone de un extremo transmisor y otro receptor. Ambas partes se deben configurar o programar con idénticos parámetros para su correcto funcionamiento.

Dichos parámetros son:

- Interface de entrada G.703
- Velocidad en Mbist/sg (2, 8, 34, 140, 155, 622, etc.)
- Código de línea (HDB3, CMI, NRZ, RZ)
- Patrón pseudo-aleatorio o de prueba (8, 15, 23)
- Duración de la prueba
- Para pruebas especializadas este equipo puede traer opcionalmente las mediciones de PPM y tolerancia al jitter.

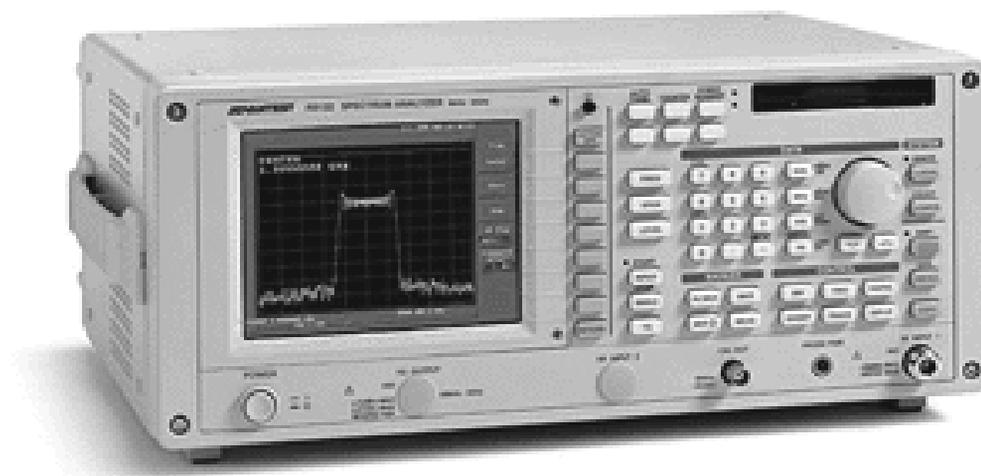


Figura 37. Equipo medidor de tasa de error

3.2.6 Prueba de golpes ligeros

Esta prueba se realiza en forma simultánea con cada una de las anteriores.

Consiste en golpear ligeramente con un pequeño martillo plástico cada uno de los componentes del equipo o enlace de fibra óptica. De esta manera se detectan conexiones mal hechas, flojas, o soldaduras cristalizadas en algunos conectores.

Aunque simple, esta prueba garantiza que en el futuro no se presentarán fallas durante el funcionamiento normal de los equipos, las cuales a veces son muy difíciles de localizar, precisamente por su naturaleza intermitente.



Protocolo y registro de las pruebas

Toda empresa, cliente o fabricante, tiene sus propios formatos para los protocolos y registros de las pruebas.

Normalmente el fabricante sugiere un protocolo de pruebas locales y de enlace para la puesta a punto de los equipos y aprobación por parte del cliente; éste puede agregar o sugerir pruebas adicionales que considere de importancia.

Cualquier formato de registro y protocolo de prueba depende del fabricante, proveedor o cliente; dada la diversidad de equipos que pueden conformar una red, aquí se hace referencia únicamente a las pruebas de los equipos terminales de fibra óptica.

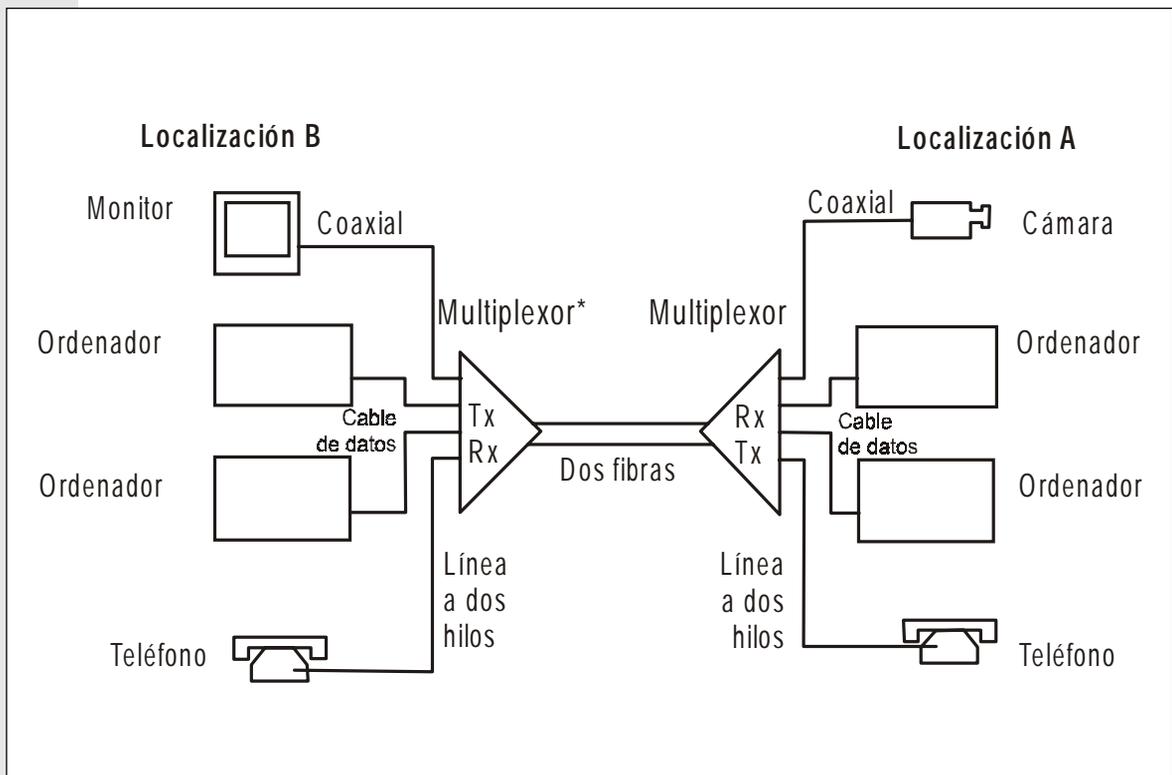


Figura 38. Equipos típicos que se conectan a una red de fibra óptica

3.3.1 Protocolo de pruebas locales y de enlace

1. Nombre del proyecto o enlace. Ejemplo: Red de fibra óptica –expansión telefónica de 300.000 Líneas año 2003 -2006
2. Nombre de la empresa propietaria del proyecto. Ejemplo: EPM
3. Nombre de la empresa proveedora o contratista. Ejemplo: SIEMENS
4. Nombres del interventor de la obra y del ingeniero que entrega
5. Lugar y fecha de la realización del protocolo de pruebas
6. Nombre de los sitios o estaciones. Ejemplo: Estación A – Itagüí, Estación B- Medellín.
7. Equipos e instrumentos utilizados para las pruebas, es decir, modelo, número de serie, marca, impedancia y velocidad de transmisión.
8. Verificación de la instalación física y eléctrica de los equipos (soportes adecuados y firmes, protección contra lluvia y humedad, estado general del salón de equipos, seguridad de acceso, voltaje de alimentación a los equipos, etc).
9. Revisión de cableado, caja de breakers, fusibles, pararrayos y sistema de tierra
10. Revisión de la estructura y soportes físicos de los equipos (escalerillas, pernos de sujeción, nivel, entrada y salida de cables, tornillería en general)
11. Inspección general de los sistemas alternos de alimentación (energía solar, otros rectificadores, banco de baterías)
12. Inventario de los módulos o tarjetas (para esto se lee el código de barras, el cual contiene entre otros datos el número de serie y fecha de fabricación) – Este inventario deberá estar de acuerdo con la configuración del equipo durante la etapa de planeación del proyecto.
13. Revisión de mini-switches, puentes y jumpers en cada módulo de acuerdo con los niveles de impedancia, potencia de transmisión y recepción, protecciones y otros ajustes de fábrica.
14. Medición de las principales variables, locales y de enlace:
 - Potencia de transmisión
 - Potencia de recepción
 - Nivel de umbral de recepción
 - Tasa de error –en bucle local y en enlace punto a punto.
 - Software operativo –Versión (en caso de tener que instalarse, el fabricante provee un manual paso a paso, normalmente corre sobre una plataforma conocida, tales como Windows, Unix, Linux, o raras veces, propietaria o del fabricante)
 - Comunicación de banda base punto a punto
 - Apagado automático del láser
 - Monitoreo de alarmas internas y externas

3.3.2 Registros y Troubleshooting (solución de fallas)

TROUBLESHOOTING

PROYECTO:	_____	NOMBRE Y NUMERO DE EQUIPO:	_____												
ESTACION A:	_____														
ESTACION B:	_____														
INGENIERO INTERVENTOR:	_____	VELOCIDAD en Mbits/seg:	<table border="1"> <tr><td>.....</td><td>2M</td></tr> <tr><td>.....</td><td>34M</td></tr> <tr><td>.....</td><td>140M</td></tr> <tr><td>...X.....</td><td>155M</td></tr> <tr><td>.....</td><td>622M</td></tr> <tr><td>.....</td><td>2.5 G</td></tr> </table>	2M	34M	140M	...X.....	155M	622M	2.5 G
.....	2M														
.....	34M														
.....	140M														
...X.....	155M														
.....	622M														
.....	2.5 G														
INGENIERO QUE ENTREGA:	_____														
LUGAR:	_____														
FECHA:	_____														

TIPO DE PROBLEMA	POSIBLES CAUSAS	ACCIONES A TOMAR
1. Nivel de potencia de salida nulo o bajo	Diodo laser defectuoso	Revisar diodo laser
	Conector de salida sucio	Limpiar conectores
	Cables defectuosos	Cambiar cables
	Medidor de potencia	Revisar conexiones
	Lambda distinto	Revisar lambda de trabajo
	ALS activado	Desactivar ALS
2. Nivel de recepción nulo o bajo	Fotodiodo defectuoso	Revisar fotodiodo
	Fotodiodo sucio	Limpiar fotodiodo
	Conector sucio	Revisar conector
	Cables defectuosos	Cambiar cables
	Medidor de potencia	Revisar conexiones
	Lambda de trabajo	Revisar lambda de trabajo
	ALS activado	Desactivar ALS
	Altas pérdidas de enlace	Revisar cable y cálculos
3. No hay conexión de tributarios en b. base Alarmas de sincronismo, trama, AIS.	Velocidades distintas	Configurar velocidades
	Impedancias	Ajustar impedancias
	Conectores defectuosos	Revisar conectores
	Conexiones en el DDF	Revisar conexiones
	No hay recepción óptica	Revisar enlace óptico
4. Tasa de Error alta	Parámetros distintos	Igualar parámetros
	Conectores defectuosos	Revisar conectores
	Alta atenuación óptica	Revisar cable y cálculos
5. Fallas ante golpes ligeros	Módulos flojos	Ajustar módulos en el rack
	Conectores flojos	Apretar conectores
	Soporte de bastidor	Revisar instalación física
6. Fallas de alimentación	Conexiones flojas	Revisar conexiones
	Calibre de cables	Revisar calibres adecuados
	Baterías bajas	Medir voltajes y densidad
	Sistema de conmutación	Revisar conmutación
	Breaker - fusibles	Revisar tableros
OBSERVACIONES		

FIRMA INGENIERO INTERVENTOR

FIRMA INGENIERO CONTRATISTA



3.4

Autoevaluación

1. Explique qué relación tiene el nivel de recepción con la tasa de error y cómo afecta al sistema.
2. Justifique la necesidad de funcionamiento del apagado automático del láser.
3. Consulte en Internet o en textos sobre telecomunicaciones las señales de banda base PCM, PDH y SDH, para establecer diferencias y semejanzas y para ampliar su conocimiento acerca de usos, variables, ajustes, etc.
4. En la gráfica siguiente describa cada uno de los componentes del equipo y su función en el mismo.

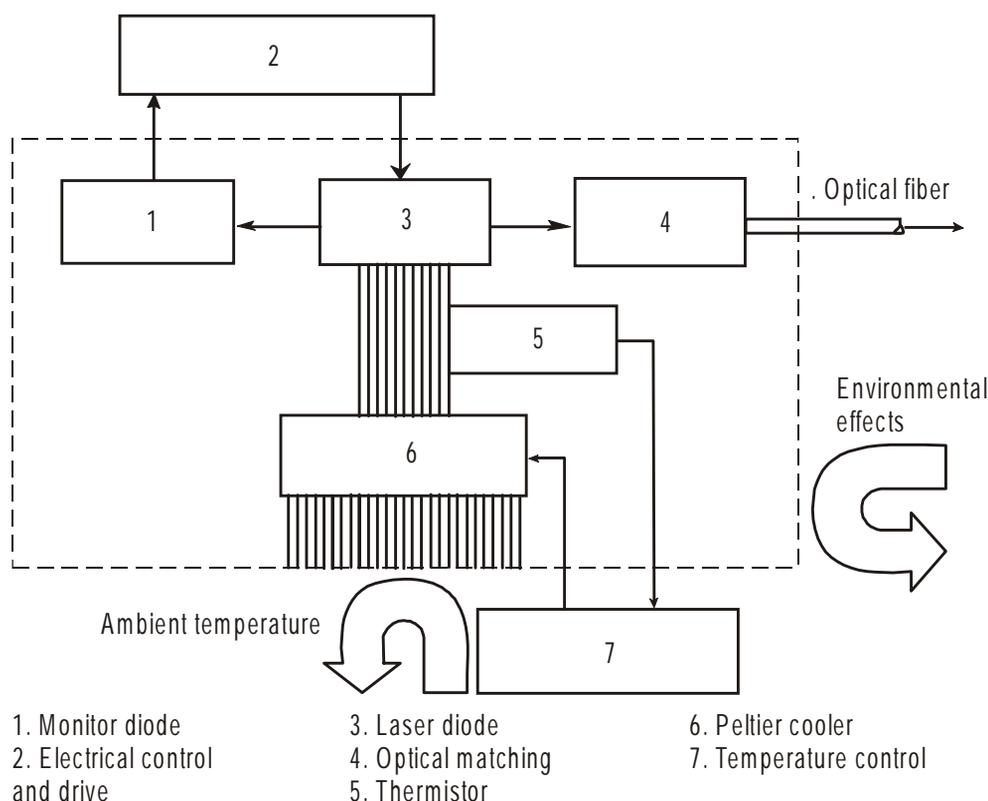


Figura 39. Equipo transmisor de fibra óptica

5. Se entiende por dispersión el ensanchamiento del pulso, lo cual puede aumentar la tasa de error. En la gráfica siguiente consulte y describa brevemente los diferentes tipos de dispersión.

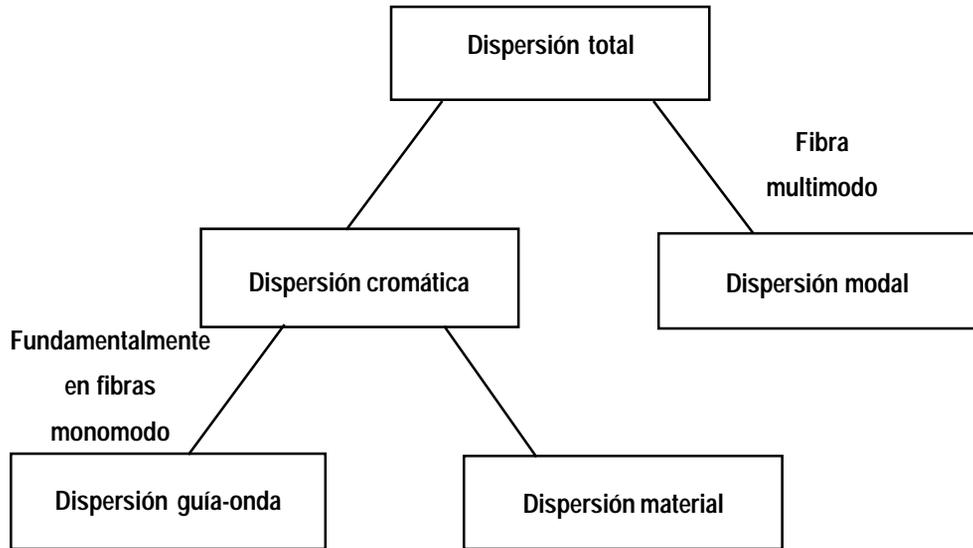


Figura 40. – Dispersión en la fibra óptica

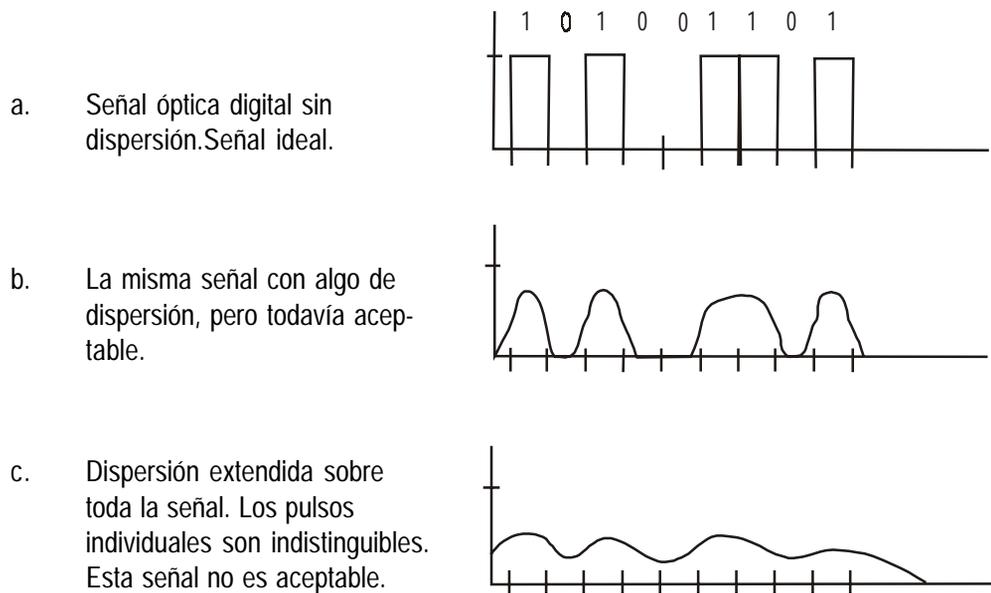


Figura 41. Efecto de la dispersión en la señal transmitida

Glosario

- CABLE COAXIAL.** Conductor de cobre o aluminio cubierto en cobre rodeado por una malla dieléctrica de polietileno. La capa de polietileno es cubierta con un mallado de cobre trenzado o un tubo de aluminio sin costura y todo este conjunto va protegido con una cubierta de pvc.
- AIS.** Señal de Indicación de Alarma –Señal digital de unos, utilizada para indicar la degradación o silenciamiento total de un sistema debido a la presencia de alta atenuación o ruido.
- ALS.** Automatic Laser Shutdown – apagado automático del diodo láser.
- ARÁMIDA.** Material ligero, amarillo o naranja, que en forma de hilos trenzados le da fortaleza y soporte a la fibra óptica. El Kevlar es un tipo de arámida de gran resistencia mecánica, también se utiliza en los chalecos antibalas. Puede ir instalado como elemento central de refuerzo para resistir altas tensiones de estiramiento o elevadas tracciones, o justamente por dentro de la cubierta del cable, rodeando las fibras para protegerlas.
- ANCHO DE BANDA.** Máximo régimen de transmisión de datos en un enlace de fibra óptica con un mínimo de distorsión de la señal.
- ANCHO ESPECTRAL.** Se define como el rango de longitudes de onda que emite el diodo LED o láser; se mide en nanómetros.
- ATENUACIÓN CARACTERÍSTICA.** Cifra dada por el fabricante que indica la cantidad de señal que se pierde por kilómetro de fibra, por ejemplo, 0.3 Db / km – se representa por la letra griega alfa.
- DECIBEL.** Unidad logarítmica para medir atenuación o ganancia de una señal, dB.
- BANDA BASE.** Se puede definir como la información a transmitir.
- B.E.R.** Bit Error Rate. Tasa de Error. Medición que dice de la calidad de un enlace; se define como la relación de bits errados entre el total de bits transmitidos durante un tiempo determinado como tal es adimensional.
- CÓDIGO DE LÍNEA.** Código digital usado para transmitir información a través de un medio.
- DIELÉCTRICO.** Material no conductor.
- DIODO LED.** Diodo emisor de luz, utilizado como transmisor óptico.
- DIODO LÁSER.** Transmisor óptico de alta potencia y directividad.
- DISPERSIÓN TOTAL.** Amplitud no deseada de pulso original después de recorrer un cable de fibra óptica.
- DISPERSIÓN CROMÁTICA.** Dispersión debida a la longitud de onda emitida.
- DISPERSIÓN MATERIAL.** Dispersión propia de cada fibra.
- DISPERSIÓN MODAL.** Dispersión debida a los modos que se transmiten a lo largo de la fibra multimodo.



DISPERSIÓN GUÍA DE ONDA. Dispersión que se produce en la frontera del núcleo y el revestimiento.

EMPALME. Unión entre dos fibras; puede ser por fusión o mecánico.

FIGURA OCHO. Cable de fibra óptica que contiene un elemento metálico para soporte en instalaciones aéreas.

FOTODIODO PIN. Diodo receptor de luz utilizado en cortas distancias

FOTODIODO AVALANCHA. Diodo receptor de luz más sensible que el diodo PIN.

ÍNDICE DE REFRACCIÓN. Número que indica la variación de la luz al pasar de un medio a otro.

JITTER. Variación del pulso con respecto al punto de decisión.

KEVLAR. Ver arámdida.

LAMBDA. Letra griega con la que se designa la longitud de onda.

LONGITUD DE ONDA. Longitud de un período -

Se define como la velocidad de la luz dividida por la frecuencia.

ODF. Distribuidor de fibra óptica.

OTDR. Reflectómetro óptico en el dominio del tiempo. Equipo utilizado para verificar el estado de la fibra, empalmes, rompimientos y daños de la misma, antes, después de la instalación y en operación.

PATRÓN SEUDOALETORIO. Señal digital utilizada para simular el tráfico real durante la prueba de tasa de error.

RED LAN. Red de Area Local

REGENERADOR. Repetidor.

REPETIDOR. Equipo que reconstruye la señal original en un punto intermedio de la red.

S/N. Relación señal a ruido. Indica qué tan lejos o cerca se encuentra el ruido de la señal principal en un enlace; se mide en dB.

ZONA MUERTA DE FIBRA. Tramo de fibra óptica, aproximadamente de 1000 mts, que se conecta entre el OTDR y la fibra instalada.

Bibliografía

- Espinosa, Julián y otros. TÉCNICO EN TELECOMUNICACIONES. Cultural, S.A., 2002
- Tabini, Ricardo. FIBRA ÓPTICAS. Érica Ltda., 1999
- Chomycz, Bob. INSTALACIONES DE FIBRA ÓPTICA. Mc Graw Hill, 2000
- Huidobro, José Manuel. COMUNICACIONES DE VOZ Y DATOS. Parainfo, 1996
- TELCOM REPORT, SIEMENS. Vol.10 – 1987
- Mahlke G.; Gossing P. FIBER OPTICS CABLES. SIEMENS, 1997
- www.corningcablesystems.com
- www.yio.com.ar/fo
- www.fiber-optics.info
- www.itu.int
- www.conelectronica.com
- www.cablingnews.com.br
- www.fibraopticahoy.com
- <http://www.fibra-optica.org/>

Lecturas recomendadas

Recomendaciones de la UIT-T (Unión Internacional de Telecomunicaciones):

- G702. Velocidades de las jerarquías digitales PDH
- G703 . Interface física y eléctrica de las jerarquías digitales
- G707. Jerarquía digital sincrona SDH
- G711. PCM (modulación por codificación de pulsos)
- G651. Fibra óptica multimodo
- G652. Fibra óptica monomodo
- G655. Fibra óptica de dispersión no cero

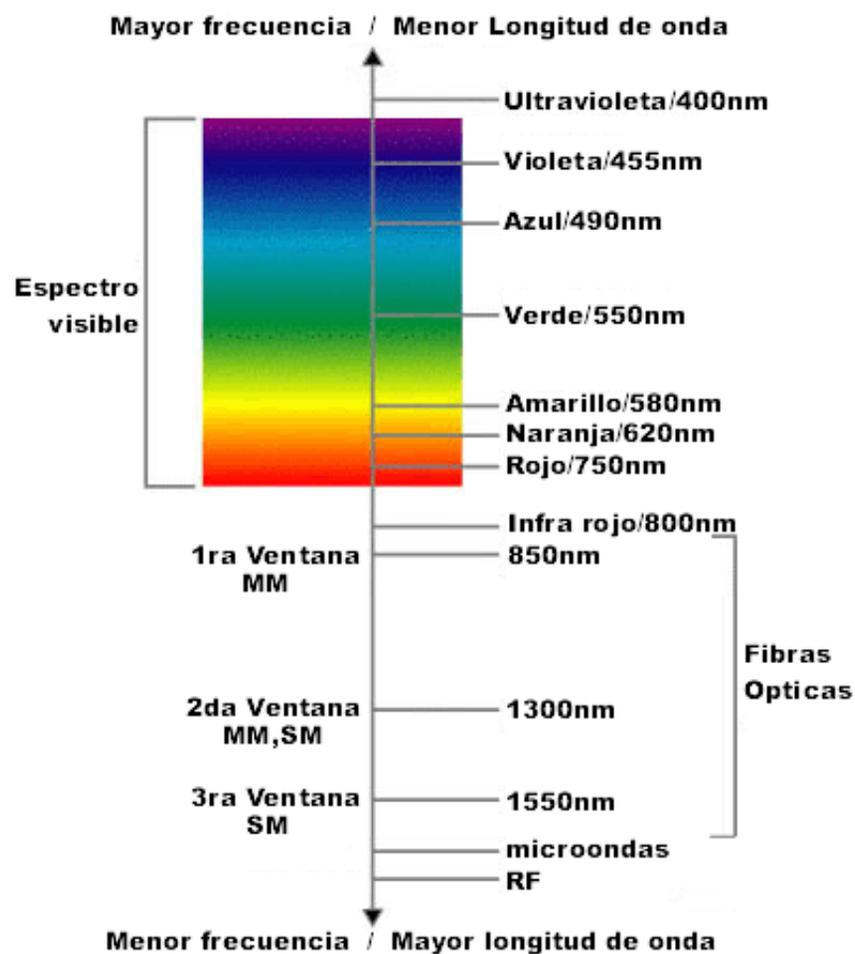
Lista de figuras

1. Enlace de fibra óptica	11
2. Capas que componen una fibra óptica	12
3. Construcción del cable de fibra óptica	12
4. Fibra monomodo	12
5. Fibra multimodo	13
6. Fibras monomodo y multimodo	13
7. Equipos dentro de una red de fibra óptica	14
8. Equipo terminal de fibra óptica	14
9. Transmisores y receptores ópticos (diodos láser y LED)	15
10. Emisión y ancho espectral de un LED y un diodo láser.	15
11. Emisión de un diodo láser	16
12. Equipos multiplexores, terminales y repetidores en una red de fibra óptica ..	17
13. Instalación combinada de cable de fibra óptica: aérea y terrestre	22
14. Red híbrida de cobre y fibra óptica	22
15. OTDR-Reflectómetro óptico en el dominio del tiempo	23
16. Uso del OTDR para probar un cable de fibra óptica	24
17. Curvas características del OTDR	25
18. Empalmes y pérdidas en un enlace de fibra óptica	25
19. Gráfica general de un OTDR	26
20. Medición de potencia óptica en recepción	27
21. Medición de potencia óptica en cada tramo del enlace	27
22. Medición de potencia óptica: En bucle y punto a punto	28
23. Generador y medidor de potencia óptica	29
24. Gráfica obtenida con un OTDR en un cable de fibra óptica	30
25. Instalación general del equipo	35
26. Manguito de uso externo, cajita de empalmes para uso interno y distribuidor de cables de fibra óptica ODF	36
27. Módulo con mini-switches y puentes para ajustes de fábrica	37
28. Instalación completa del cable de fibra óptica hasta el equipo	37
29. Equipo terminal de fibra óptica	38

30. Repetidor activo de fibra óptica	38
31. Módulo transmisor de fibra óptica conteniendo el diodo láser	39
32. Medición de la potencia umbral de recepción	40
33. Atenuador óptico variable	41
34. Diodo láser usado como transmisor óptico	41
35. Configuración básica para la prueba de banda base	43
36. Medición de la tasa de error punto a punto	43
37. Equipo medidor de tasa de error	45
38. Equipos típicos que se conectan a una red de fibra óptica	46
39. Equipo transmisor de fibra óptica	49
40. – Dispersión en la fibra óptica	50
41. Efecto de la dispersión en la señal transmitida	50

Anexos

Espectro electromagnético

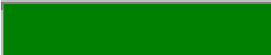
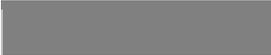


Código de colores del cable de fibra óptica

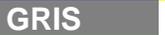
En la siguiente dirección se pueden consultar varios códigos de colores:

<http://www.yio.com.ar/fo/codigos.html>

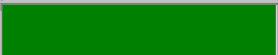
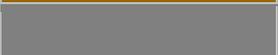
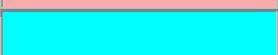
- **Cables fabricados por SIECOR** (Siemens/Corning Glasses):

	1 = VERDE
	2 = ROJO
	3 = AZUL
	4 = AMARILLO
	5 = GRIS
	6 = VIOLETA
	7 = MARRON
	8 = NARANJA

Entonces, se tienen dos tubos buffer, uno verde y el otro rojo, con 8 fibras cada uno, será:

BUFFER	FIBRA N°
 VERDE	1 =  VERDE
	2 =  ROJA
	3 =  AZUL
	4 =  AMARILLA
	5 =  GRIS
	6 =  VIOLETA
	7 =  MARRON
	8 =  NARANJA
 ROJO	9 =  VERDE
	10 =  ROJA
	11 =  AZUL
	12 =  AMARILLA
	13 =  GRIS
	14 =  VIOLETA
	15 =  MARRON
	16 =  NARANJA

- **Código de colores estándares TIA-598-A Fibra óptica
Cables fabricados por PIRELLI – ALCATEL**

	1 = AZUL
	2 = NARANJA
	3 = VERDE
	4 = MARRON
	5 = GRIS
	6 = BLANCO
	7 = ROJO
	8 = NEGRO
	9 = AMARILLO
	10 = VIOLETA
	11 = ROSA
	12 = CELESTE

- **Numeración de 64 FO - código Siecor**

Fibra								
Tubo								
	1	2	3	4	5	6	7	8
	9	10	11	12	13	14	15	16
	17	18	19	20	21	22	23	24
	25	26	27	28	29	30	31	32
	33	34	35	36	37	38	39	40
	41	42	43	44	45	46	47	48
	49	50	51	52	53	54	55	56
	57	58	59	60	61	62	63	64

- Numeración de cables de 144 FO-Código de colores estándares TIA-598-A Fibra óptica

Fibra	Tubo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Blue		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Orange		13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Green		25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
Brown		37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
Grey		49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
White		61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72
Red		73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84
Black		85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96
Yellow		97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108
Purple		109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120
Pink		121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132
Light Blue		133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144

El dB (decibel)

Es una unidad de medida adimensional y relativa (no absoluta), que es utilizada para facilitar el cálculo y poder realizar gráficas en escalas reducidas.

El dB relaciona la potencia de entrada y la potencia de salida en un circuito, a través de la fórmula:

$$N \text{ [dB]} = 10 \log \frac{P_s}{P_E}$$


Se puede usar para medir ganancia o atenuación (una ganancia negativa significa atenuación).

Una ganancia de 3dB significa que la potencia de salida será el doble de la de entrada.

Una atenuación de 3 dB (ganancia de -3dB) significa que la potencia de salida será la mitad de la de entrada, es decir, si se tratara de una fibra óptica, en ésta se estaría perdiendo la mitad de la potencia óptica.

El dBm (decibel miliwatt)

Dado que el dB es una medida relativa, cuando es necesaria una medición absoluta de potencia óptica, por ejemplo la que emite un laser, se utiliza el **dBm**, es decir se toma como referencia (0 dBm) a 1 mw :

Tabla de equivalencias

En esta tabla puede apreciarse la imposibilidad de manejar un gráfico en watts, y la comodidad de manejar cifras en dB. (pW=picowatt, nW=nanowatt, μW =microwatt, mW=miliwatt)

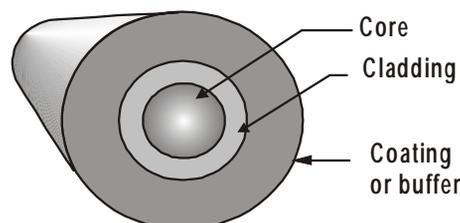
$$P [\text{dBm}] = 10 \log \frac{P [\text{mw}]}{1 \text{ mw}}$$

Potencia en watts		Potencia en dBm
1 pW	1pW	-90
10pW		-80
100pW		-70
1.000pW	=1 nW	-60
10.000pW		-50
100.000pW		-40
1.000.000pW	=1 μW	-30
10.000.000pW		-20
100.000.000pW		-10
1.000.000.000pW	=1 mW	0
10mW		+10
100mW		+20
1.000mW	=1 W	+30

Respuestas a las autoevaluaciones

Autoevaluación UNIDAD 1

1. *Mencione dos grandes ventajas de la transmisión por fibra óptica*
 - Permite transmitir mucha información a altas velocidades debido a su gran capacidad o ancho de banda.
 - Ningún campo electromagnético la puede interferir, contrario a lo que ocurre en los cables de cobre utilizados para telecomunicaciones.
2. *Describa las capas componentes de una fibra óptica, sus características y función.*
 - Núcleo – core. Es la capa central dentro de la cual viaja la luz láser. Tiene un índice de refracción menor en un 10% aproximadamente al del revestimiento. Está hecho de sílica de alta pureza.
 - Revestimiento - cladding. Rodea al núcleo, y con éste logra el efecto óptico de que el láser se mantenga confinado dentro del primero. Gracias a su índice de refracción mayor al del núcleo, guía la luz láser a través del núcleo.
 - Recubrimiento. Capa o barniz protector de color que sirve para identificar las fibras. Es un elemento básicamente de protección para evitar la rotura del núcleo y el revestimiento.



3. *Describa dentro de un enlace de fibra óptica todos los componentes y elementos de red (cable, conectores, equipos terminales, repetidores, transmisores, receptores y distribuidores ópticos), y las relaciones entre ellos.*
- **Equipo terminal.** Encargado de la transmisión y recepción de la información, dentro y desde el cable de fibra óptica.
 - **Repetidor.** Equipo utilizado en el trayecto para regenerar o amplificar la señal después de haber sufrido atenuación.
 - **Transmisor óptico.** Elemento semiconductor que genera la luz (diodo LED – diodo láser).
 - **Receptor óptico.** Fotodiodo encargado de convertir la luz recibida en señal eléctrica o pulsos (diodo PIN – diodo Avalancha).
 - **Cable de fibra óptica.** Medio de transmisión encargado de transportar la información en forma de luz.
 - **Conectores y accesorios.** Conectores coaxiales y cables flexibles utilizados para conectar los equipos terminales con el medio de transmisión a través de un distribuidor óptico ODF.
 - **Distribuidor óptico ODF.** Elemento de interconexión entre el cable exterior de fibra óptica y los equipos terminales.

Los equipos terminales de fibra óptica se conectan al distribuidor óptico usando cables cortos, tales como pig tails o patch cords, para facilitar la realización de pruebas o chequeos durante el mantenimiento preventivo y correctivo de la red.

4. *Defina los siguientes conceptos:*

a. **Longitud de onda**

Conocida también como generación o ventana de trabajo. Se define como la velocidad de la luz sobre frecuencia; indica la emisión del diodo LED o láser (850, 1310, 1550 nm), la cual se inyecta dentro de la fibra óptica.

b. **Atenuación de la fibra óptica**

Toda fibra posee una atenuación característica dada por el fabricante, se representa por la letra griega ALFA y sus unidades son dB / km – valores típicos 0.3 – 0.4 dB / km.

No confundir con la atenuación o pérdida total del enlace, cifra que indica todas las pérdidas, además de ALFA, debidas a presiones, curvas o empalmes durante el trayecto.

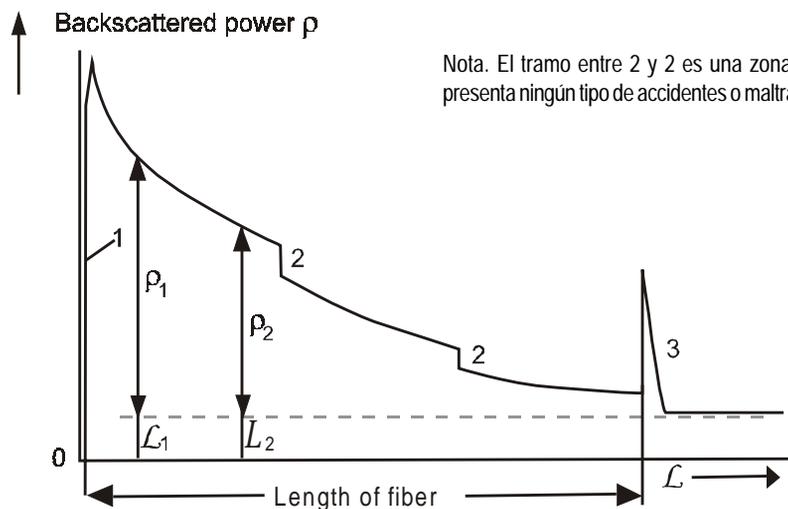
- c. **Emisión y ancho espectral**
- Emisión. Lóbulo o configuración espacial dentro del cual emite luz un diodo LED o láser – en otras palabras, es el ancho del chorro de luz emitido por cada transmisor óptico.
 - Ancho espectral. Medida que indica la pureza del transmisor óptico, es decir, cuántas longitudes de onda transmite realmente un diodo LED o láser (se mide en nanómetros: 4 -10 nm).
5. *Consulte al menos 2 recomendaciones de la UIT sobre cables de fibra óptica.*
- REC. G651 – Características de la fibra monomodo
 - REC. G652 – Características de la fibra multimodo
 - REC. G655 - Fibra óptica de dispersión no-cero.

Autoevaluación UNIDAD 2

1. *Defina el concepto de atenuación característica de la fibra*
Es la atenuación de la señal en dB/Km propia del cable; se representa por la letra griega ALFA. Esta cifra la suministra el fabricante del cable.
2. *Defina el concepto de pérdidas totales de un enlace*
Es la suma de atenuaciones en conectores, empalmes, defectos de la fibra, presiones sobre la fibra, radios de curvatura muy pequeños, dobleces en cámaras y trayectos aéreos y subterráneos, entre otros, que se producen durante el recorrido del cable de fibra óptica.
Estas pérdidas totales se pueden hallar tramo por tramo, o simplemente como la diferencia entre el nivel recibido y el nivel transmitido, después de haber instalado definitivamente el cable de fibra óptica, tanto interno como externo.
3. *Consulte la equivalencia entre Vatios y dBm.*
dBm es la relación logarítmica de la potencia en milivatios con respecto a un milivatio:
$$X \text{ dbm} = 10 \log (X \text{ milivatios} / 1 \text{ milivatio})$$
4. *Dada la siguiente gráfica de un OTDR identifique e interprete todos los accidentes que se dan en ella (zona muerta, empalmes, atenuaciones, etc).*
 1. Fin de la zona muerta: pico debido a la conexión del OTDR
 2. Empalmes hechos por fusión – el escalón indica atenuación



- Fin de la fibra óptica o punto en el cual la fibra se rompió, en caso de un daño.



Autoevaluación UNIDAD 3

- Explique qué relación tiene el nivel de recepción con la tasa de error y cómo afecta al sistema

El nivel de recepción debe ser tal que garantice una tasa de error óptima; en caso contrario la tasa de error se degrada hasta el punto de que el equipo deja de operar correctamente.

- Justifique la necesidad de funcionamiento del apagado automático del láser.

Dado que la luz láser que viaja por la fibra es invisible, se recomienda no mirar directamente una fibra óptica para evitar daños en la retina.

Como medida de precaución los equipos de fibra óptica deben traer un mecanismo de apagado automático del láser cuando la fibra se desconecta o se rompe por alguna circunstancia.

Esta protección se conoce como ALS (Automatic Laser Shutdown)

- Consulte en Internet o en textos sobre telecomunicaciones las señales de banda base PCM, PDH y SDH, para establecer diferencias y semejanzas y para ampliar su conocimiento acerca de sus usos.

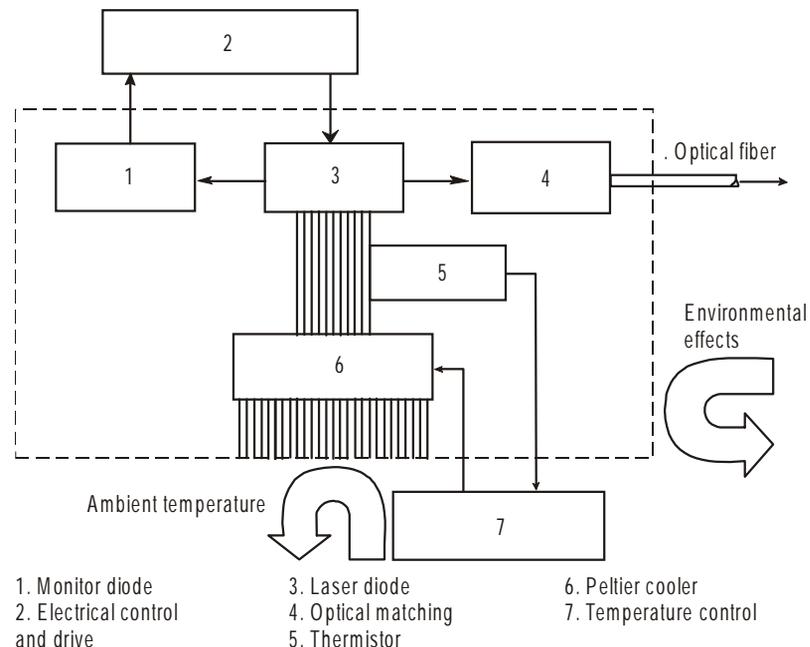
La información digital o banda base tiene como fundamento el canal telefónico de 64 Kbits /s.

A partir de este nivel se generan las siguientes jerarquías digitales con sus respectivas velocidades:

- $E1 = \text{PCM} = 32 \times 64\text{K} = 2\text{Mbits/seg} = 30$ canales telefónicos
- $E2 = \text{PDH} = 4 \times E1 = 8\text{Mbits/seg} = 120$ canales telefónicos
- $E3 = \text{PDH} = 4 \times E2 = 34\text{Mbits/seg} = 480$ canales telefónicos
- $E4 = \text{PDH} = 4 \times E3 = 140\text{Mbits/seg} = 1920$ canales telefónicos
- $\text{STM1} = \text{Módulo de transporte síncrono} = \text{SDH} = 155\text{Mbits/seg}$
- $\text{STM4} = \text{SDH} = 4 \times \text{STM1} = 622\text{Mbits/seg}$
- $\text{STM16} = \text{SDH} = 4 \times \text{STM4} = 2.5\text{Gbits/seg}$
- $\text{STM64} = \text{SDH} = 4 \times \text{STM16} = 10\text{Gbits/seg}$

Banda base es la información que se requiere transmitir; PDH, PCM Y SDH son jerarquías de transmisión. El uso de PCM, SDH y PDH depende del tamaño de la información, medida en Mbits/seg.

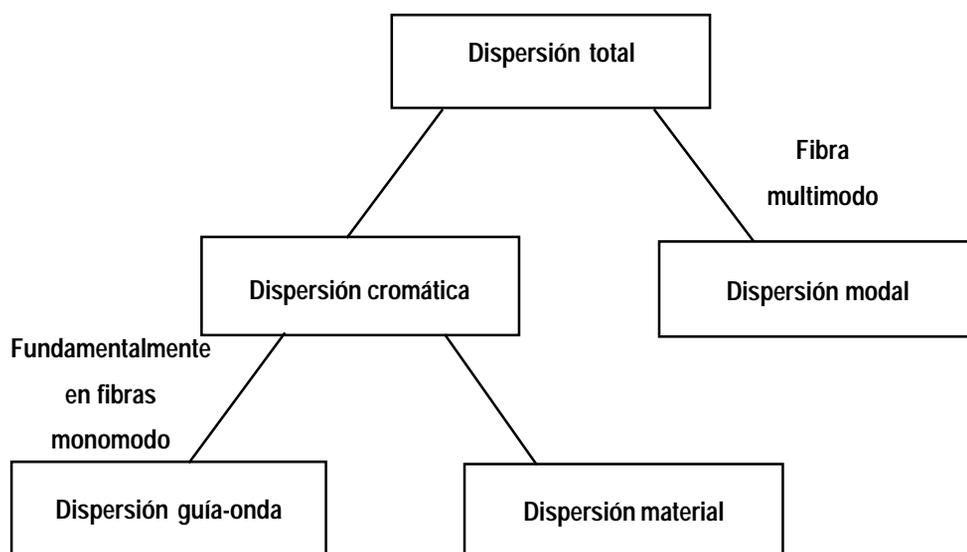
4. En la gráfica siguiente describa cada uno de los componentes del equipo



—Unidad transmisora de fibra óptica—

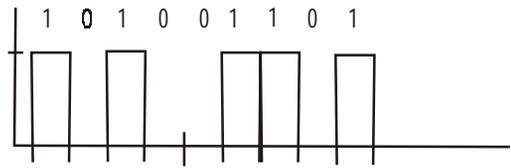
- a. Diodo monitor. De acuerdo con la potencia de salida, este diodo activa el control necesario para mantener constante el nivel en el diodo láser.

- b. Circuito de control – Maneja la corriente de polarización del diodo láser.
 - c. Diodo láser – Es el transmisor óptico
 - d. Conexión a la fibra. Acopla el diodo láser a la fibra.
 - e. Termistor. Supervisa la temperatura del diodo láser para corregir cambios bruscos de la potencia de salida.
 - f. Peltier. Sistema de enfriamiento del diodo láser.
 - g. Circuito de control de temperatura. Mantiene el diodo láser dentro de un rango de temperatura que garantice el óptimo funcionamiento de acuerdo con las condiciones del fabricante.
5. *Se sabe que la dispersión es el ensanchamiento del pulso, y como tal esto puede aumentar la tasa de error. En la gráfica siguiente aparecen los diferentes tipos de dispersión. Por favor consulte cada uno de ellos.*

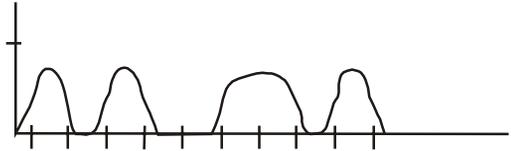


- Dispersión cromática. Depende de la longitud de onda que viaja dentro de la fibra
- Dispersión modal. Debida a los diferentes rayos o modos que se desplazan dentro de la fibra, los cuales al tener distintos tiempos de llegada, ocasionan la distorsión del pulso. Sólo se presente en las fibras multimodo.
- Dispersión de guía de onda. Es la tendencia del rayo láser a viajar entre la frontera del núcleo y el revestimiento.
- Dispersión debida al material. Tiene efecto en todo tipo de fibra; básicamente se debe a impurezas o defectos de fabricación ocasionando que la luz se disperse alrededor de ellos.

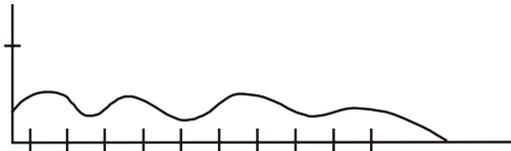
- a. Señal óptica digital sin dispersión. Señal ideal.



- b. La misma señal con algo de dispersión, pero todavía aceptable.



- c. Dispersión extendida sobre toda la señal. Los pulsos individuales son indistinguibles. Esta señal no es aceptable.



Efecto de la dispersión en la señal transmitida

ESTRUCTURA CURRICULAR: IMPLEMENTACIÓN DE SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES POR LA RED DE FIBRA ÓPTICA

MÓDULOS NOMBRE	Específicos Tiempo (horas)	Básicos y de Política Institucional Tiempo (horas)	Transversales Tiempo (horas)
Evaluación de solicitudes para la prestación del servicio de telecomunicaciones por la red de fibra óptica	60		
Planteamiento del proyecto de montaje e instalación de la red de telecomunicaciones en fibra óptica	220		
Atención al cliente durante la instalación y conexión del servicio de telecomunicaciones por la red de fibra óptica	70		
Alistamiento de recursos físicos y habilitación del sitio de trabajo para el montaje, instalación y conexión del servicio de telecomunicaciones por la red de fibra óptica	70		
Aseguramiento del programa ambiental durante el montaje, instalación y conexión de la red de telecomunicaciones en fibra óptica	100		
Cumplimiento de las normas de seguridad industrial para el montaje e instalación de la red de telecomunicaciones por fibra óptica	100		
Montaje, instalación y conexión de la red de telecomunicaciones en fibra óptica	200		
Configuración, programación y pruebas del servicio de telecomunicaciones por la red de fibra	420		
Ética y transformación del entorno		100	
Cultura física		60	
Comunicación para la comprensión		60	
Formación para el emprendimiento		80	
Tecnología Básica Transversal			220
SUBTOTAL HORAS	1240	300	220
Etapa lectiva: 1.760			
Total horas etapa lectiva: 1760 horas			
Total horas etapa productiva: 880 horas			
Total horas estructura curricular: 2640 horas			