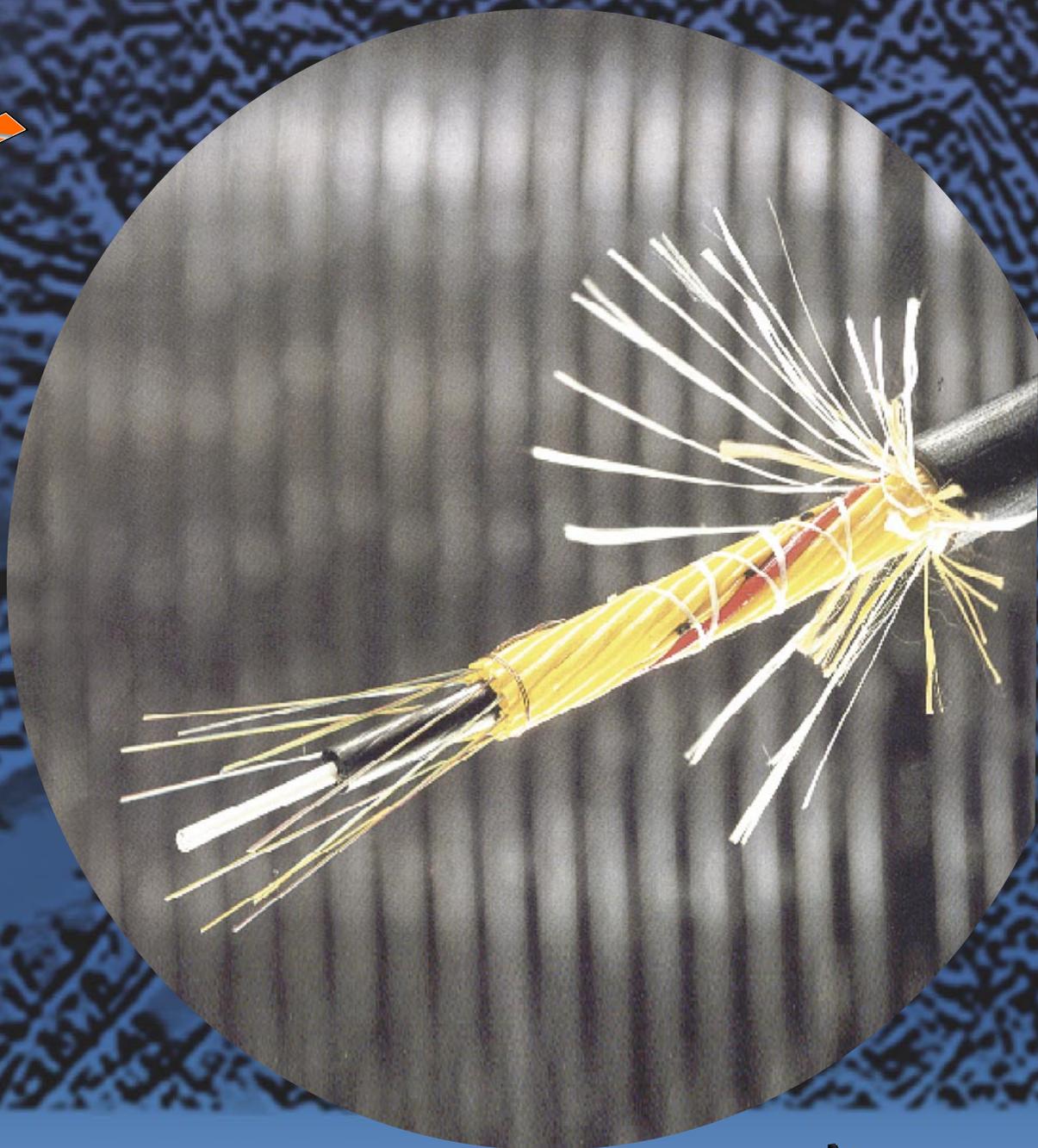
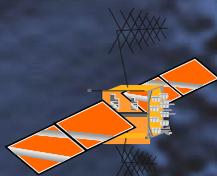


# PLANTEAMIENTO DEL PROYECTO DE MONTAJE E INSTALACIÓN DE LA RED DE TELECOMUNICACIONES EN FIBRA ÓPTICA



ANTIOQUIA

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

**MESA SECTORIAL DE  
TELECOMUNICACIONES**

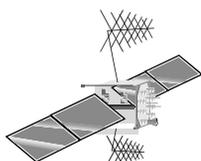


**CENTRO  
METALMECÁNICO**

# PLANTEAMIENTO DEL PROYECTO DE MONTAJE E INSTALACIÓN DE LA RED DE TELECOMUNICACIONES EN 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



ANTIOQUIA  
SERVICIO NACIONAL  
DE APRENDIZAJE



CENTRO  
METALMECÁNICO

MINISTERIO DE LA PROTECCIÓN SOCIAL  
SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE



**PLANTEAMIENTO DEL PROYECTO  
DE MONTAJE E INSTALACION DE LA RED  
de telecomunicaciones en fibra optica**

**Por Ing. Jesús Alberto Sánchez S.**

sanalberto@epm.net.co

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: Noviembre de 2003  
Medellin - Colombia

Derechos reservados para el Servicio Nacional de Aprendizaje SENA

# Tabla de contenido

Introducción.....	5
Presentación general.....	7
<b>UNIDAD 1: Fundamentos y descripción de los elementos de una red de fibra óptica .....</b>	<b>8</b>
Guía de aprendizaje .....	8
1.1.    Conceptos básicos de fibra óptica .....	11
1.2.    Composición de una fibra óptica .....	12
1.3.    Tipos de fibra .....	12
1.3.1.    Fibra monomodo .....	12
1.3.2.    Fibra multimodo .....	13
1.4.    Equipos de fibra óptica .....	14
1.4.1.    Transmisores ópticos .....	15
1.4.2.    Receptores ópticos.....	16
1.4.3.    Módems y multiplexores .....	17
1.5.    Cables y accesorios de fibra óptica .....	17
1.5.1.    Tipos de cables según su construcción.....	18
1.5.1.1.    Cable de estructura holgada.....	19
1.5.1.2.    Cable de estructura ajustada .....	21
1.5.1.3.    Cable Figura # 8 .....	22
1.5.1.4.    Cable blindado.....	23
1.5.1.5.    Cable submarino.....	24
1.5.1.6.    Cables OPGW y dieléctricos .....	25
1.5.1.7.    Cable híbrido .....	26
1.5.2.    Código de colores .....	26
1.5.3.    Pig tails y patch cord .....	29
1.5.4.    Conectores ópticos.....	31
1.6.    Topologías de las redes de fibra óptica .....	33
1.6.1.    Topologías lógicas .....	33
1.6.1.1.    Punto a punto.....	33
1.6.1.2.    En estrella. ....	33
1.6.1.3.    En bus .....	34

1.6.1.4	En anillo.....	34
1.6.2	Topologías físicas .....	35
1.7	Autoevaluación.....	36
<b>UNIDAD 2: Cálculo del proyecto y procedimientos para montar e instalar un enlace de fibra óptica .....</b>		<b>37</b>
	Guía de aprendizaje .....	37
2.1	Aspectos básicos de diseño.....	40
2.1.1	Fibra monomodo y multimodo.....	41
2.1.2	Ancho de banda .....	41
2.1.3	Pérdidas totales del enlace óptico.....	42
2.1.4	Procedimiento para el cálculo del enlace .....	42
2.2	Aspectos básicos para el diseño e instalación de la red.....	44
2.2.1	Instalación subterránea .....	47
2.2.1.1	Canalizaciones o zanjas .....	47
2.2.1.2	Ductos.....	50
2.2.1.3	Cinta de tracción.....	51
2.2.2	Procedimiento para la instalación subterránea del cable.....	51
2.2.3	Normas generales para instalación aérea.....	53
2.2.4	Empalmes .....	54
2.2.5	Normatividad.....	61
2.2.5.1	Normas ambientales .....	61
2.2.5.2	Normas de seguridad industrial .....	61
2.2.6	Selección de la mejor alternativa.....	62
2.3	Autoevaluación .....	64
<b>UNIDAD 3: Aspectos básicos para evaluar y recibir la instalación del cable de fibra óptica .....</b>		<b>65</b>
	Guía de aprendizaje .....	65
3.1	Atenuación y pérdidas totales .....	69
3.1.1	Medición con reflectómetro óptico OTDR.....	70
3.1.2	Medición con generador y medidor de potencia óptica.....	75
3.2	Verificación de la instalación y registros .....	78
3.3	Autoevaluación .....	79
	Bibliografía.....	80
	Glosario .....	81
	Lista de figuras.....	83
	Anexos .....	85
	El dB (decibel).....	85
	Atenuación en fibra óptica .....	86
	Historia .....	89
	Espectro electromagnético.....	90
	Formatos para registro de medidas .....	91
	Respuestas a las autoevaluaciones .....	97
	Respuestas autoevaluación UNIDAD 1.....	97
	Respuestas autoevaluación UNIDAD 2.....	98
	Respuestas autoevaluación UNIDAD 3.....	99

## **Introducción**

Ante el rápido avance de la tecnología, específicamente en el campo de las telecomunicaciones, se hace necesario utilizar todos los medios disponibles para aprender y actualizar los tópicos más relevantes sobre esta disciplina.

Es cierto que hoy existen muchas facilidades para estudiar y asimilar cualquier área del saber humano; encontramos entonces desde los medios audiovisuales y escritos más sencillos hasta los más sofisticados y elaborados, pasando siempre por aquellos de gama media que sin ser demasiado costosos satisfacen las necesidades de aprendizaje.

Y es precisamente el medio escrito el que sobresale por su permanencia a lo largo del tiempo, por su fácil distribución y portabilidad, y sobre todo porque puede ser leído y estudiado en cualquier sitio y condición.

Para nadie es desconocido que un medio audiovisual (CD, video, etc.) lleva consigo la necesidad de tener el respectivo equipo para poderlo examinar y disfrutar; en cambio un libro o cualquier documento escrito solamente requiere, en términos generales, de un ambiente cómodo e iluminado para dar paso a la lectura.

por lo anterior se presenta esta cartilla, para que dentro de muchos propósitos técnicos, logre suplir la necesidad de una guía de capacitación permanente sobre uno de los temas que más ha evolucionado dentro de las telecomunicaciones: la transmisión de información por fibra óptica.

Es cierto que esta cartilla se puede complementar con cualquier medio audiovisual, pero nunca podrá dudarse de la importancia de poder contar

en todo instante con el concepto escrito, el cual goza, como se dijo antes, del sentido de la ubicuidad.

Adicional a este propósito, se pretende con esta cartilla entregar a un gran público, independiente de su ubicación en el territorio nacional, un medio que le permita llevar a cabo, en forma lógica y sin mayores complicaciones, el aprendizaje de todos los diferentes tópicos que se tratan aquí, siempre dentro del contexto y parámetros establecidos por el SENA.

No se pretende ofrecer un gran tratado o enciclopedia, no; se pretende entregar un medio escrito de buen contenido técnico a través de unos lineamientos pedagógicos y nemotécnicos modernos.

De esta manera se espera alcanzar el objetivo trazado con respecto a la integración y capacitación del instructor con el trabajador-alumno en el planteamiento del proyecto del montaje e instalación de la red de telecomunicaciones en fibra óptica.

Es así como el contenido temático de la cartilla se desarrolla desde el concepto básico de lo que es la comunicación por fibra óptica, fundamentos, elementos y equipos que componen una red, tales como el cable, equipos terminales y repetidores, conectores y accesorios.

Con estos fundamentos se avanza al concepto de los diferentes cables de fibra óptica, su construcción y sus parámetros más importantes, tales como atenuación, pérdidas totales, topologías y ancho de banda, entre otros.

Con todo el soporte anterior se presenta el planteamiento del diseño, montaje e instalación de la red en la unidad 2, la cual se complementa con las mediciones básicas que se deben realizar para recibir la instalación del cable en la unidad 3.

La cartilla ofrece una autoevaluación en cada unidad, cuya solución se presenta al final, además, varias lecturas recomendadas para que el lector profundice sobre cada uno de los temas tratados.

Se espera entonces que de una forma sencilla y secuencial, el estudiante se capacite y familiarice con los criterios básicos utilizados en el planteamiento del montaje e instalación de la red de telecomunicaciones en fibra óptica.

## 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 **“Planteamiento del proyecto de montaje e instalación de la red de telecomunicaciones en fibra óptica”**, 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

Una red de fibra óptica permite enviar todo tipo de información en grandes cantidades, no se interfiere con campos electromagnéticos, no requiere corriente eléctrica en su línea de transmisión, tiene una larga vida útil y cubre grandes distancias sin repetidores.

Las normas ambientales, los procedimientos de seguridad industrial, la descripción física y técnica de los elementos asociados a la red (fibras ópticas, cables de fibra óptica, equipos, accesorios y conectores), la transmisión de información por medios ópticos y las topologías físicas y lógicas, son los fundamentos requeridos para plantear un proyecto de montaje e instalación.

#### Resultados de aprendizaje

- Identificar los tipos de normas ambientales y de impacto comunitario exigidas para el montaje e instalación de una red.

- Identificar procedimientos de seguridad industrial exigidos para desarrollar las actividades de montaje e instalación de una red.
- Describir las características físicas de las fibras ópticas.
- Diferenciar los tipos y las características técnicas de los elementos asociados a la red de fibra óptica.
- Diferenciar los tipos y características de los cables de fibra óptica.
- Manipular los códigos de colores para identificar el cable de fibra óptica.
- Diferenciar una topología lógica de una topología física.

## Metodología de abordaje del tema

Realice una visita a un sitio donde se esté montando e instalando una red de fibra óptica, confronte las prácticas ambientales y de seguridad ocupacional observadas con los aprendizajes obtenidos gracias a la unidad y a las fuentes consultadas.

La visita permite además, reconocer los elementos asociados a la red de fibra óptica. Recuerde que usted debe indagar a los trabajadores e ingenieros de campo sobre las características físicas y técnicas de los elementos de la red.

Lea y reflexione cuidadosamente toda la unidad, consulte y estudie las normas ambientales y de impacto comunitario exigidas por la autoridades competentes y las empresas proveedoras de servicios públicos de telecomunicaciones.

Consulte en la red Internet y en otras fuentes de información los temas relacionados con las topologías físicas y lógicas de una red de fibra óptica.

## Autodiagnóstico

Por favor responda el cuestionario siguiente para identificar su conocimiento y las comprensiones a adquirir con la presente unidad.

- Mencione los tipos de normas ambientales exigidas por las autoridades competentes y la empresas prestadoras de servicios de telecomunicaciones para el montaje e instalación de redes de fibra óptica.

- Describa siete indicaciones de seguridad industrial u ocupacional a cumplirse durante el montaje e instalación de un sistema óptico.
- ¿Cuáles son los elementos asociados a una red de fibra óptica?
- ¿Por qué los cables de fibra óptica deben codificarse y marcarse?
- Describa las diferentes topologías lógicas y físicas de una red de fibra óptica

## Recursos

Sitio donde se instale una red de fibra óptica

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

### Objetivo específico

Familiarizarse con los conceptos y elementos básicos de una red de fibra óptica, de modo que pueda enunciarlos y describirlos con precisión

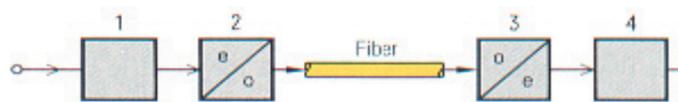
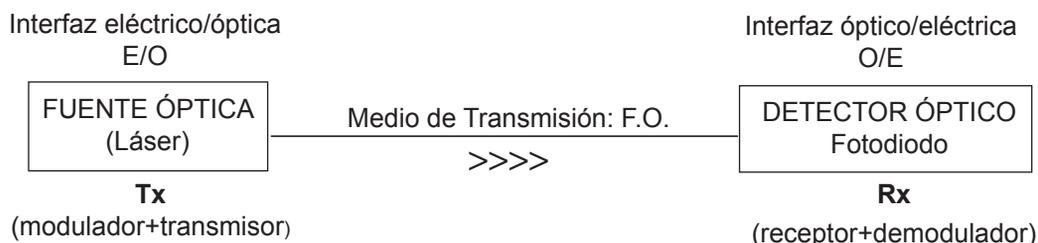
### Generalidades

En esta unidad 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, y distribuidores ópticos, con sus principales características y aplicaciones.

### 1.1 Conceptos básicos de fibra óptica

Su función básica es la transmisión de información usando luz, la cual se propaga a lo largo del material (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).

Se trata entonces de convertir una señal eléctrica en señal óptica, que puede estar formada por pulsos de luz (digital) o por un haz de luz modulado (analógica). La señal saliente del transmisor se propaga por la fibra hasta llegar al receptor, en el cual se convierte la señal nuevamente a eléctrica.



1. Modulador. Lleva la información eléctrica que se desea transmitir. 2. Conversor óptico-eléctrico (transmisor): Diodo LED o láser. 3. Receptor óptico: Fotodiodo PIN o Avalancha. 4. Demodulador. Recupera la información eléctrica.

Figura 1. Enlace de fibra óptica

## 1.2 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 (ver Glosario) sea ligeramente mayor que el del revestimiento ( $1.5 > 1.48$ ).

Esta es la condición óptica para que la luz viaje dentro del núcleo.

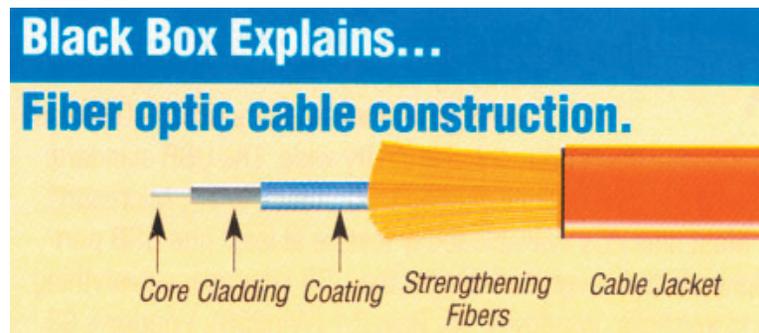
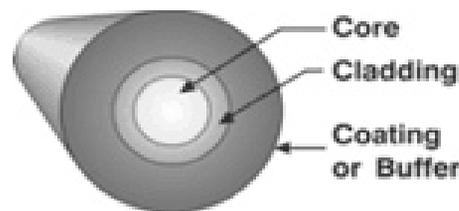


Figura 2. Capas componentes de una fibra óptica

## 1.3 Tipos de fibra

### 1.3.1 Fibra monomodo

Posee un núcleo con un diámetro de apenas 9 a 10 micras ( $\mu\text{m}$ ) y un revestimiento de 125  $\mu\text{m}$ .

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 3. Fibra Monomodo

### 1.3.2 Fibra multimodo

Posee un diámetro de 62.5  $\mu\text{m}$  y un revestimiento de 125  $\mu\text{m}$ . 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).

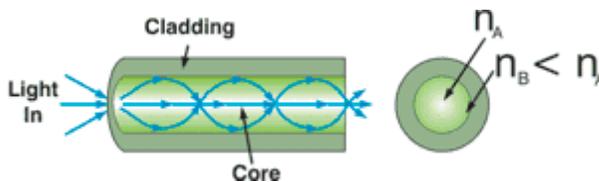


Figura 4. Fibra Multimodo

En ambos tipos de fibra el recubrimiento puede tener un diámetro de 250 a 500  $\mu\text{m}$ .

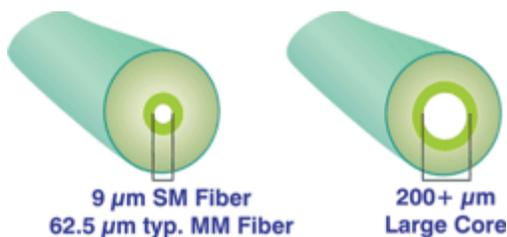


Figura 5. Núcleos de ambas fibras (Monomodo y Multimodo)

## 1.4 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).

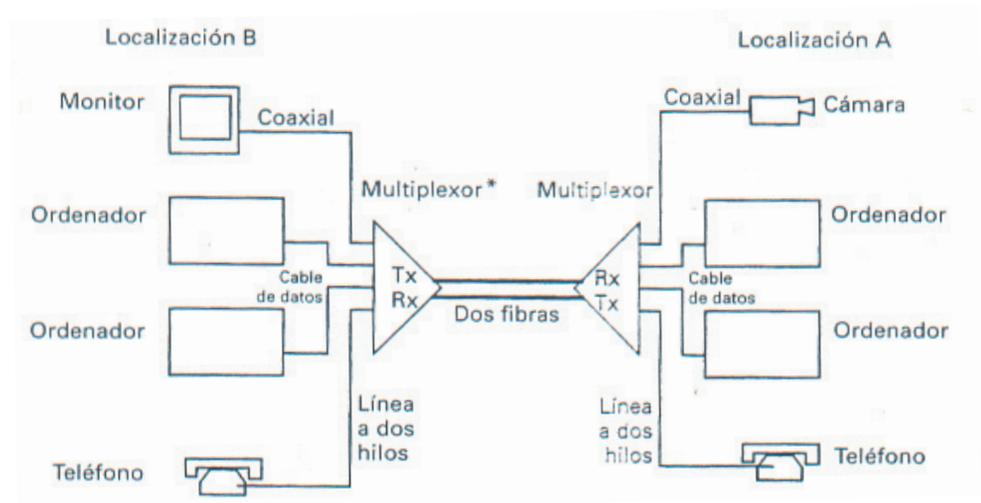


Figura 6. Equipos de una red de fibra óptica: Multiplexores y tributarios

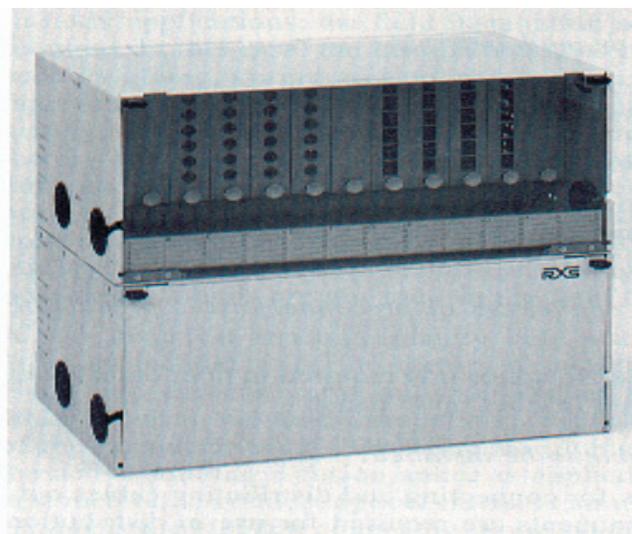


Figura 7. Equipo terminal de fibra óptica

### 1.4.1 Transmisores ópticos

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 que va de 20 a 80nm (ver Glosario).

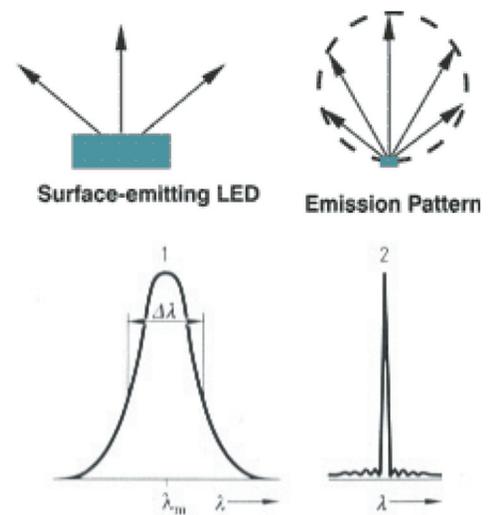


Figura 8. Emisión y ancho espectral

Los diodos láser son más caros, pero ofrecen mayor ancho de banda, mayor potencia de salida y menor ancho espectral (del orden de 3nm); esto los hace ideales para cubrir, en combinación con fibra 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.

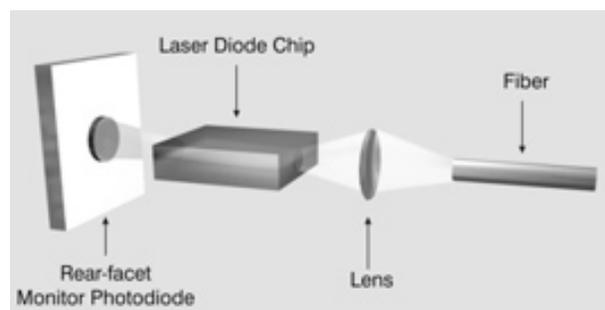


Figura 9. Diodo láser

### 1.4.2 Receptores ópticos

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

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.



Figura 10. Transmisores y receptores ópticos, diodos LED, láser, PIN y Avalancha

### 1.4.3 Módems y multiplexores

Los módems ópticos se utilizan en redes muy cortas y con velocidades de transmisión de datos no muy altas.

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.

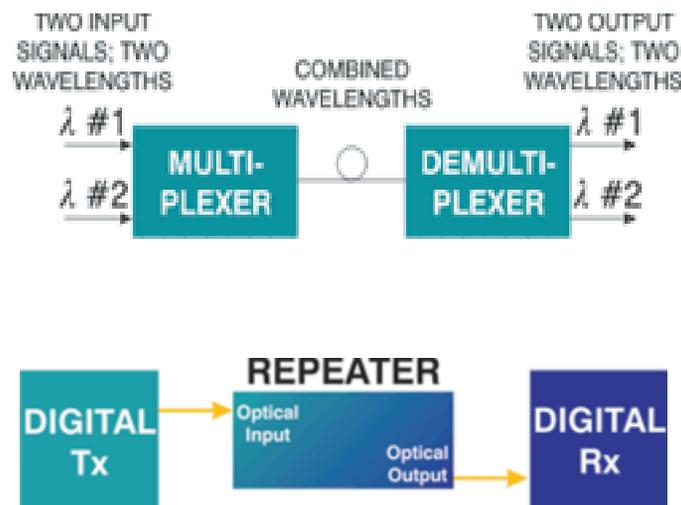


Figura 11. Equipos terminales, repetidores y tributarios en la red de fibra óptica

## 1.5 Cables y accesorios de fibra óptica

La fibra óptica permite transmitir grandes cantidades de información.

Actualmente se pueden transmitir 60.000 conversaciones con dos fibras ópticas.

Un cable de fibra óptica de 2 cms de diámetro puede contener hasta 200 fibras ópticas, con lo que se podrían transmitir hasta 6 millones de conversaciones, lo que implica una gran diferencia con respecto a los cables multipares de cobre (500 conversaciones), los cables coaxiales (40.000 conversaciones) y un enlace de radio vía microondas o por satélite (2000 conversaciones).

Un cable de fibra óptica tiene un diámetro mucho más pequeño y es más liviano y fácil de instalar que un cable multipar de cobre.

La fibra óptica, como dieléctrica que es (ver Glosario), no se ve afectada por la presencia de campos electromagnéticos que puedan interferir las comunicaciones, mientras que un cable de cobre, sí; tampoco la afecta la presencia de sobrevoltajes, cortocircuitos o electricidad estática.

Los cables de fibra óptica poseen una vida útil muy larga, casi treinta años, mantienen sus características constantes, independientes del tiempo, humedad y temperatura.

Todo lo anterior permite trazados desde 70 hasta casi 200 Kms sin utilizar repetidores, amplificadores o regeneradores de la señal.

En general, el mantenimiento que se requiere para un sistema de fibra óptica es menor que el requerido para un sistema convencional.

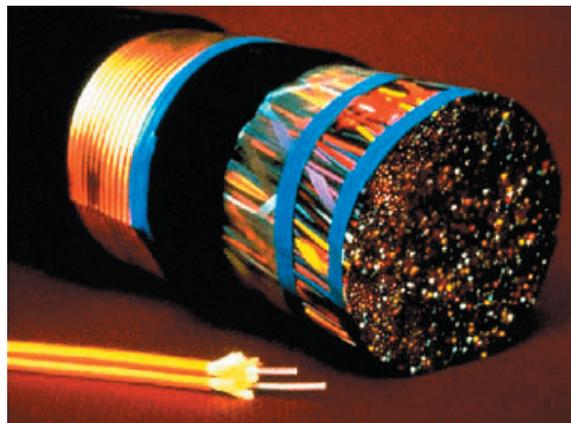


Figura 12. Comparación entre un cable de cobre y uno de fibra óptica

### 1.5.1 Tipos de cables según su construcción

Los hay de dos tipos: cable de estructura holgada y cable de estructura ajustada.

### 1.5.1.1 Cable de estructura holgada

Este cable consta de varios tubos o pitillos de fibra rodeando un miembro central de refuerzo. Cada tubo, de dos a tres milímetros de diámetro, lleva varias fibras ópticas que descansan holgadamente en él. Los tubos pueden ser huecos, o estar rellenos de un gel resistente al agua, que impide que ésta entre en el tubo. Este tipo de construcción protege la fibra de fuerzas mecánicas externas.

Las fibras dentro del tubo son ligeramente más largas que el propio cable, por lo que el cable se puede estirar bajo cargas de tensión, sin que sufra la fibra.

Cada tubo o pitillo está coloreado, también cada hilo o fibra dentro del tubo.

El centro del cable contiene un elemento de refuerzo que puede ser acero, Kevlar (ver Glosario) o un material similar.

Este elemento le da al cable refuerzo y soporte durante el tendido y en la instalación misma.

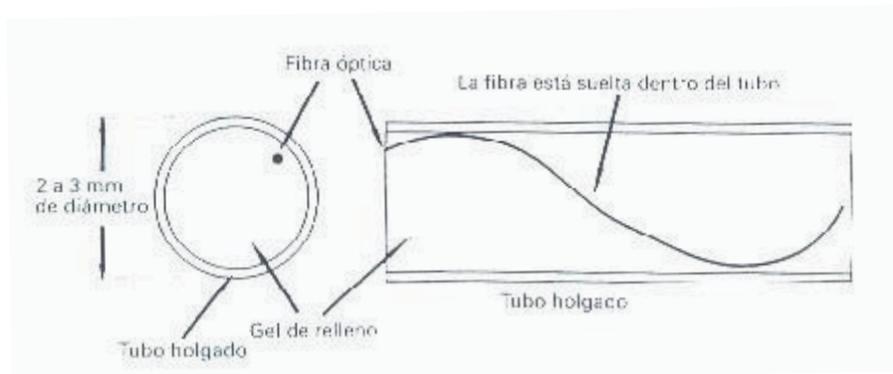


Figura 13. Cable de fibra óptica de estructura holgada

La cubierta o protección exterior del cable puede ser de polietileno, de acero, goma o de aramida (ver Glosario), según el tipo de instalación, es decir, si es para exteriores o interiores.

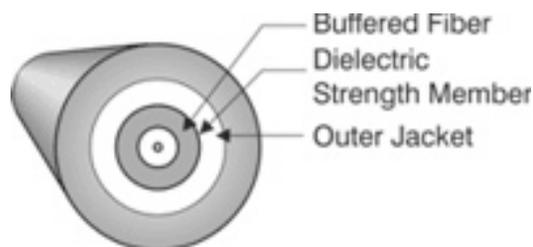


Figura 14. Construcción del cable de fibra óptica de estructura holgada

Adicionalmente traen un hilo de rasgado muy fino y fuerte, justamente debajo de la cubierta para facilitar el rasgado y retiro de ella sin dañar las fibras.

Este tipo de cable se usa normalmente para instalaciones en exteriores, las cuales pueden ser aéreas, directamente enterradas o en tubos de PVC.

Este cable no es muy usado en instalaciones verticales muy largas, debido a que el gel interno puede fluir hacia abajo o que las fibras se puedan mover.

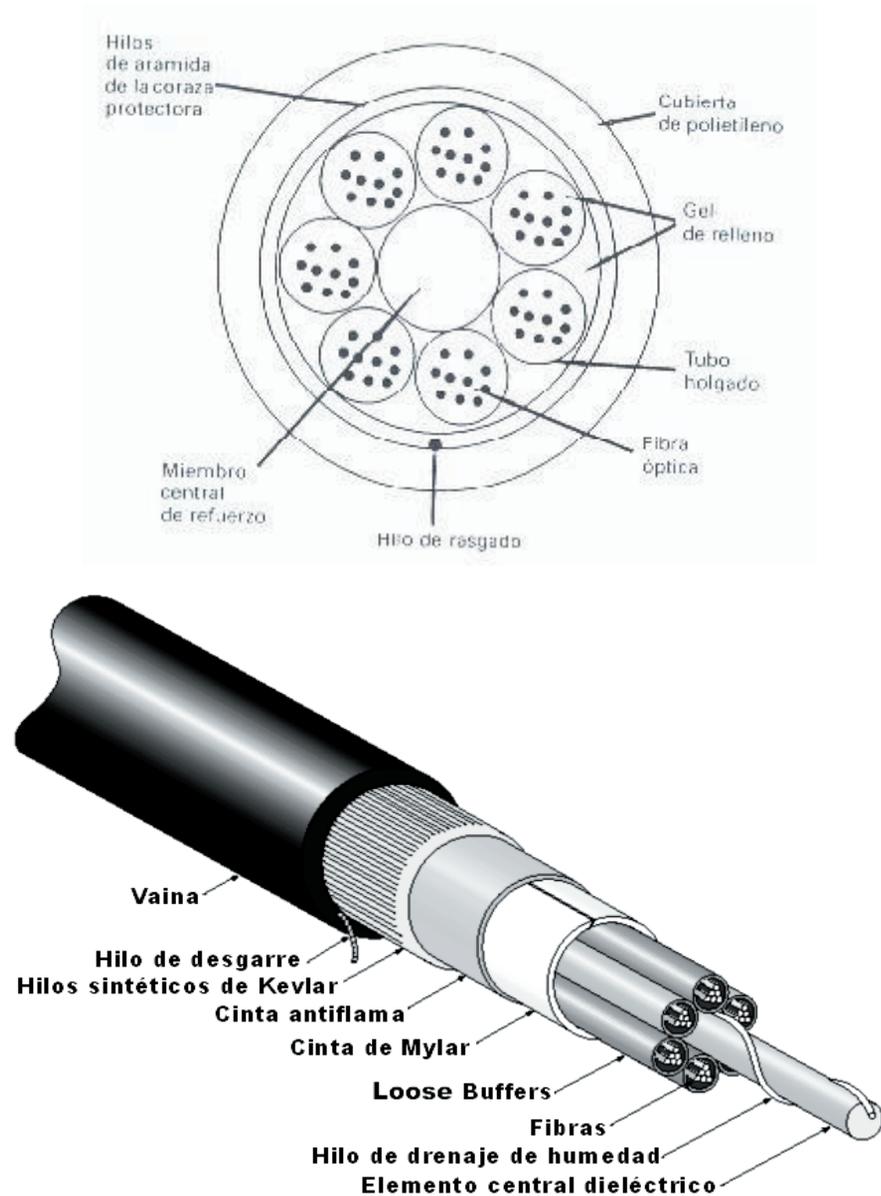


Figura 15. Cable de estructura holgada con varios pitillos o buffers

### 1.5.1.2 Cable de estructura ajustada

Este cable contiene varias fibras con protección secundaria que rodean un miembro central de tracción, y todo ello cubierto con una protección exterior.

La protección secundaria consiste en una cubierta plástica de 900  $\mu\text{m}$  de diámetro que rodea al recubrimiento de 250  $\mu\text{m}$ .

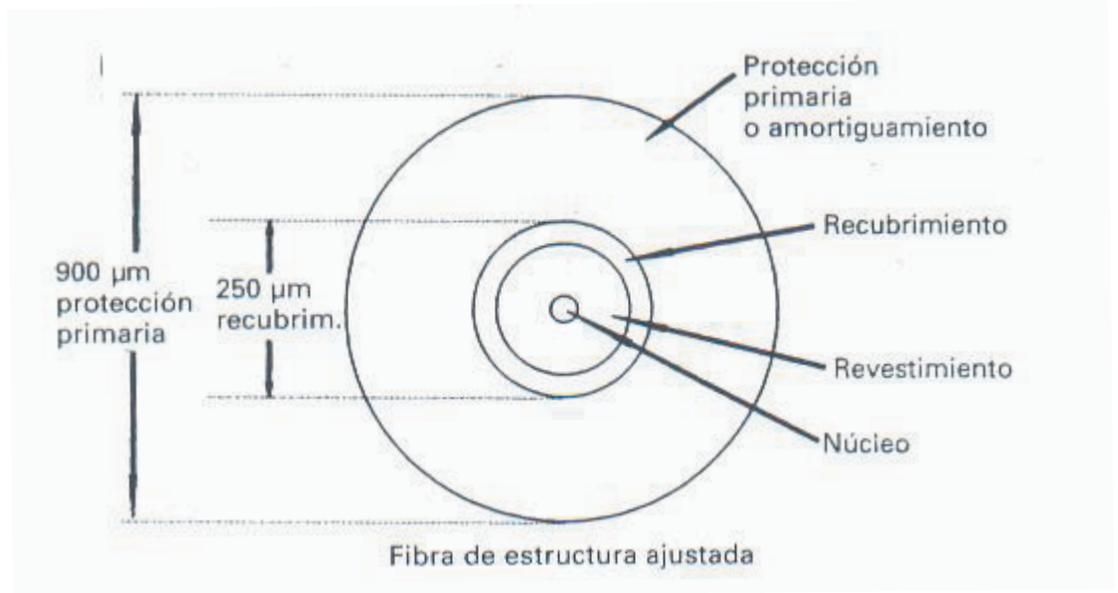


Figura 16. Construcción del cable de estructura ajustada

La protección secundaria proporciona a cada fibra individual una protección adicional, así como un soporte físico.

Sin embargo, debido al diseño ajustado del cable, éste es más sensible al estiramiento o tracción, lo cual puede aumentar las pérdidas de señal debido a microcurvaturas de la fibra.

Un cable de estructura ajustada es más flexible y tiene un radio de curvatura más pequeño que el de los cables de estructura holgada.

Este cable se diseña principalmente para instalaciones en interiores de edificios.

También se puede instalar en tendidos verticales más largos que los de cable de estructura holgada, debido al soporte individual de cada fibra.

Poseen también una alta resistencia a la flama en caso de incendio.

Tiene un diámetro mayor y es más caro que un cable similar de estructura holgada con el mismo número de fibras.

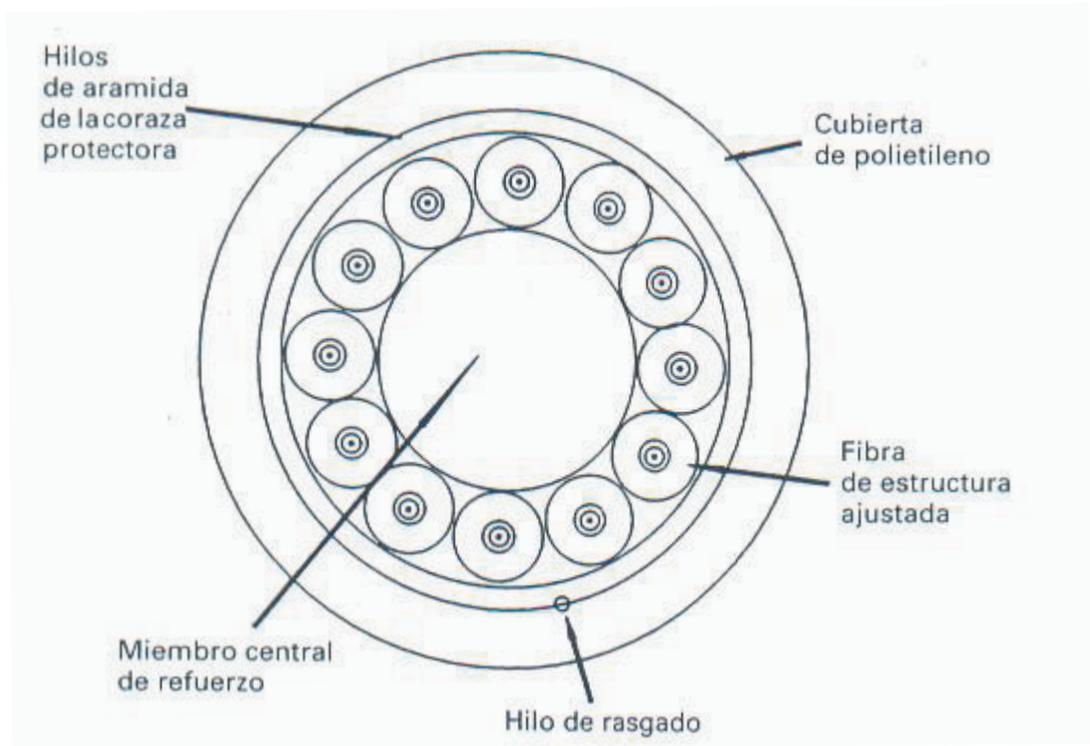


Figura 17. Cable de estructura ajustada de varios pitillos

### 1.5.1.3 Cable Figura # 8

Es un cable de estructura holgada con cable mensajero incluido; este último se utiliza como soporte en las instalaciones aéreas.

Dicho mensajero es un cable de acero para alta tracción con un diámetro de 1/4 a 5/8 de pulgada.

También hay cables figura # 8 con mensajero dieléctrico, no metálico, lo cual es deseable cuando la instalación está cerca a líneas de alta tensión.

De todas formas, es recomendable que el cable mensajero metálico se conecte a la tierra del sistema para evitar cualquier daño debido a descargas eléctricas.

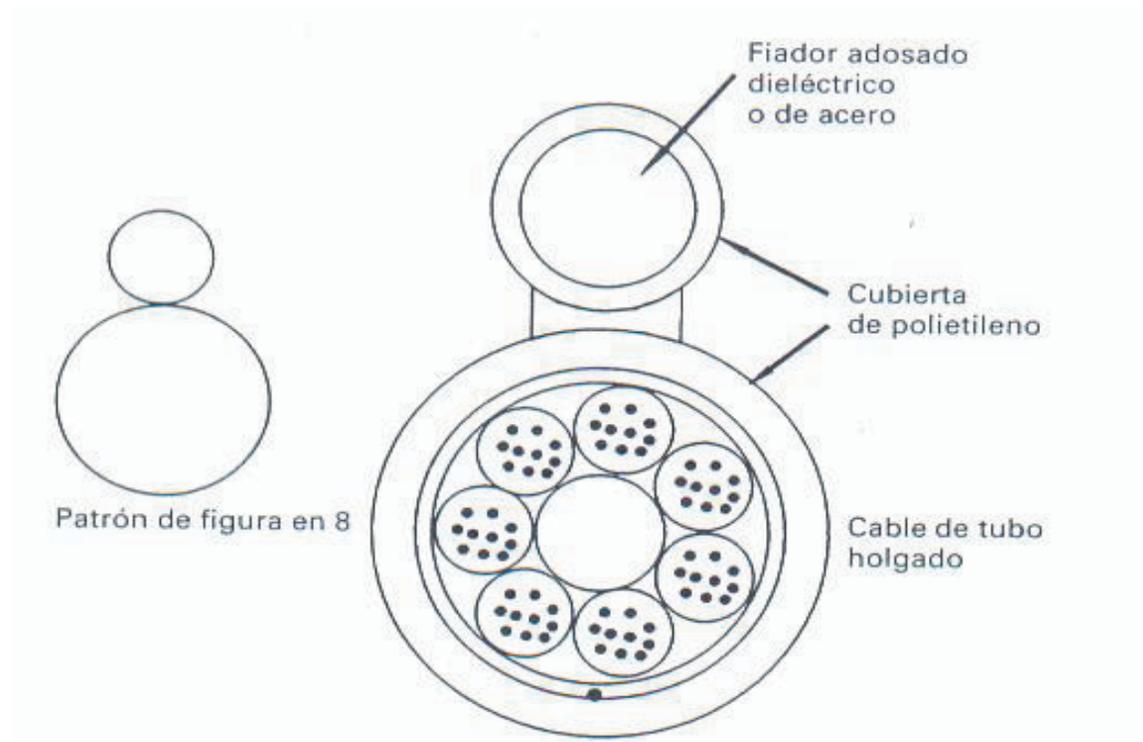


Figura 18.  
Cable de fibra óptica # 8

#### 1.5.1.4 Cable blindado

Estos cables tienen una coraza protectora o armadura de acero debajo de la cubierta de polietileno.

Esto proporciona una alta resistencia al aplastamiento y protege al cable contra mordedura de roedores.

Se usa en instalaciones de cables directamente enterrados o en ambientes industriales pesados.

Se puede encontrar en los dos tipos de estructura, es decir, holgada y ajustada.

Existen cables de doble armadura para ser utilizados en ambientes agresivos o de alta corrosión.

La armadura siempre deberá conectarse a tierra.

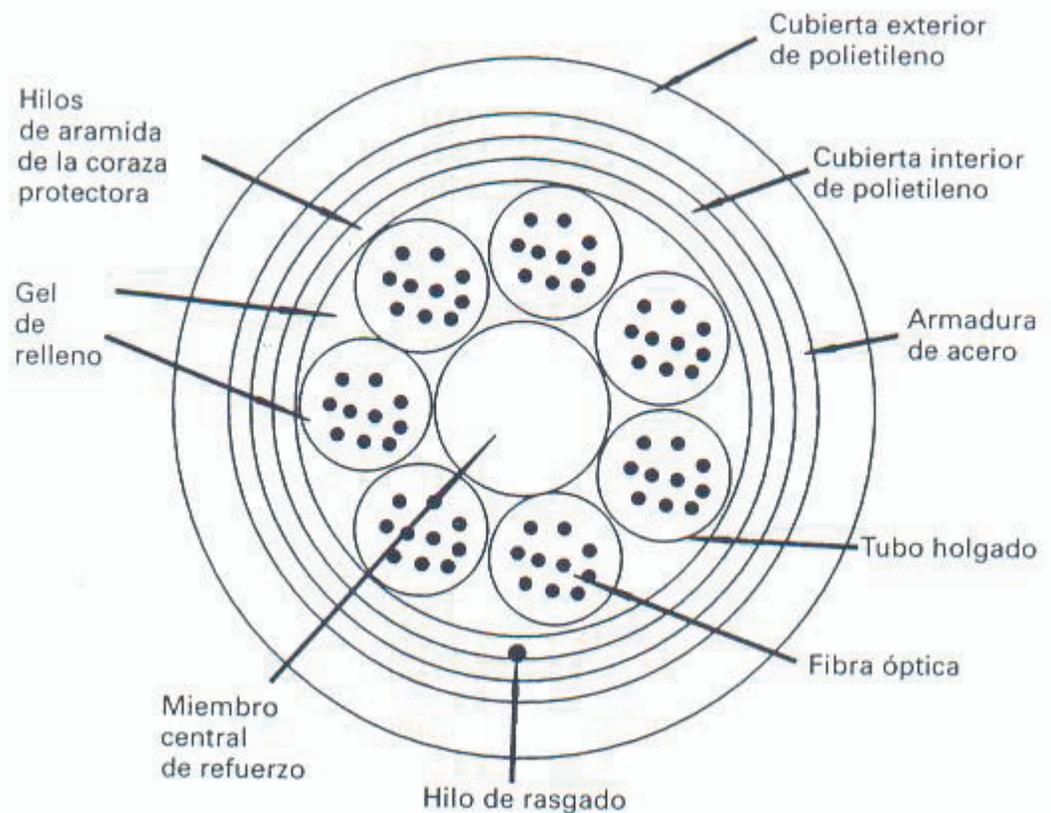


Figura 19. Cable de fibra óptica blindado

#### 1.5.1.5 Cable submarino

Es un cable de estructura holgada, técnicamente diseñado y protegido para permanecer dentro del agua bajo condiciones extremas de salinidad, mordeduras de tiburones, daños por anclas o barcos pesqueros, entre otros riesgos.

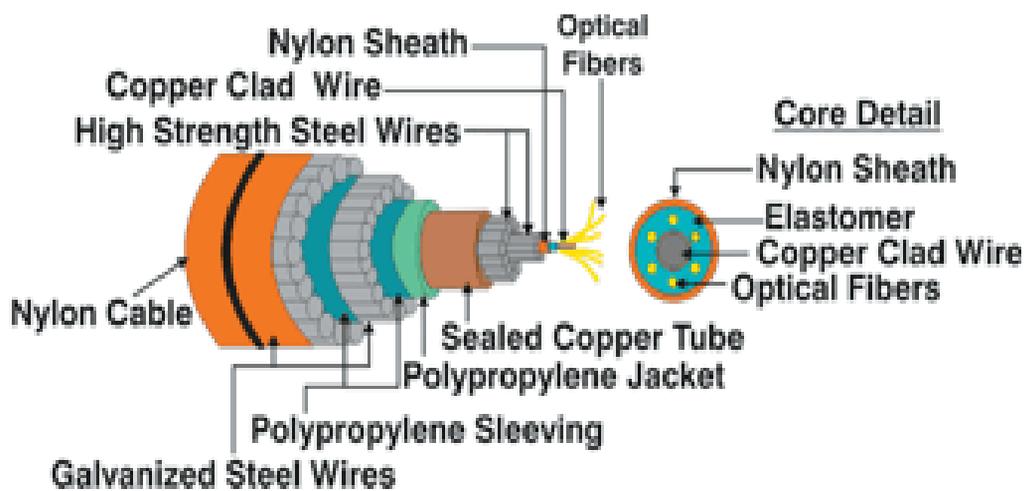


Figura 20. Cables especiales



#### 1.5.1.6 Cables OPGW y dieléctricos

El cable OPGW se utiliza como cable de guarda en las torres de alta tensión.

Además de las fibras, contiene un elemento metálico que sirve a la vez como soporte y tierra.

Como información adicional, existe también una técnica de instalación de cables dieléctricos en las torres de alta tensión; este tipo de cables son de una construcción específica que les permite soportar las fuertes tensiones longitudinales y las tracciones ante la presencia de fuertes vientos.

Al no poseer un elemento metálico de soporte, esto los hace menos resistentes, pero con la ventaja de que se pueden instalar entre las fases o directamente adosados a ellas.

#### 1.5.1.7 Cable híbrido

Es un cable que contiene fibras ópticas y pares de cobre. Tiene la ventaja de que por un mismo cable se pueden enviar informaciones de tipo óptico y además llamadas telefónicas. Como desventaja presenta el inconveniente de que en instalaciones aéreas puede ser afectado por rayos o descargas eléctricas, razón por la cual toda la parte metálica debe ir conectada a tierra. Se usa especialmente en aquellos espacios urbanos que no poseen suficiente capacidad para instalación de nuevas redes (redes de fibra óptica y/o de cobre).

#### 1.5.2 Código de colores

Aquí se muestra un ejemplo del código de colores utilizado para identificar un cable, es decir, los tubos o pitillos y las fibras.

##### Código de color estándar EIA/TIA 598

Número de la fibra	Color del tubo	Color de la fibra
1	Azul	Azul
2	Azul	Naranja
3	Azul	Verde
4	Azul	Marrón
5	Azul	Teja
6	Azul	Blanco
7	Azul	Rojo
8	Azul	Negro
9	Azul	Amarillo
10	Azul	Violeta
11	Azul	Rosa
12	Azul	Agua
13	Naranja	Azul
14	Naranja	Naranja
15	Naranja	Verde
16	Naranja	Marrón
17	Naranja	Teja
18	Naranja	Blanco

### Código de color estándar EIA/TIA 598

Número de la fibra	Color del tubo	Color de la fibra
19	Naranja	Rojo
20	Naranja	Negro
21	Naranja	Amarillo
22	Naranja	Violeta
23	Naranja	Rosa
24	Naranja	Agua
25	Verde	Azul
26	Verde	Naranja
27	Verde	Verde
28	Verde	Marrón
29	Verde	Teja
30	Verde	Blanco
31	Verde	Rojo
32	Verde	Negro

*Fuente:* Electronic Industries Association, 2001  
 Pennsylvania Ave., NW, Washington D.C.

En la siguiente dirección se pueden consultar otros 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 No.
VERDE	1 = VERDE
	2 = ROJO
	3 = AZUL
	4 = AMARILLO
	5 = GRIS
	6 = VIOLETA
	7 = MARRON
	8 = NARANJA
ROJO	1 = VERDE
	2 = ROJO
	3 = AZUL
	4 = AMARILLO
	5 = GRIS
	6 = VIOLETA
	7 = MARRON
	8 = NARANJA

### Código de Colores Estándares TIA-598-A Fibra Optica

Cables fabricados por PIRELLI - ALCATEL

	FIBRA No.
	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

Orden de colores para las fibras y tubos: Verde, rojo, azul, amarillo, gris, violeta, café, naranja.

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

Orden de colores para las fibras y tubos: Azul, naranja, verde, café, gris, blanco, rojo, negro, amarillo, violeta, lila, azul.

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	65	66	67	68	69	70	71	72
	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84
	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96
	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108
	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120
	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132
	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144

#### 1.5.3 Pig tails y patch cord

Los pig tails son cables cortos que permiten conectar la fibra óptica procedente del exterior con la instalación en el interior del edificio. Normalmente

se instalan entre la fibra que viene de la calle y el distribuidor de fibra óptica ODF (ver Glosario). Solamente tienen un conector roscado en un extremo; el otro se usa para realizar el empalme por fusión con la fibra exterior.

El patch cord también es un cable corto de fibra óptica, el cual posee un conector roscado en cada extremo. Se utiliza para la conexión entre el ODF y los equipos terminales.

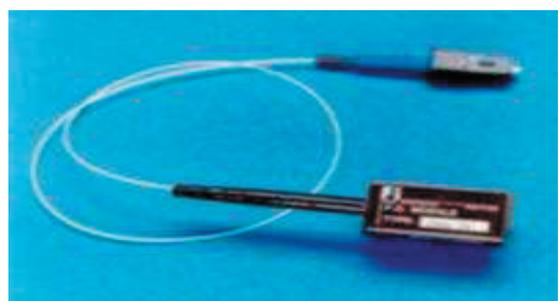
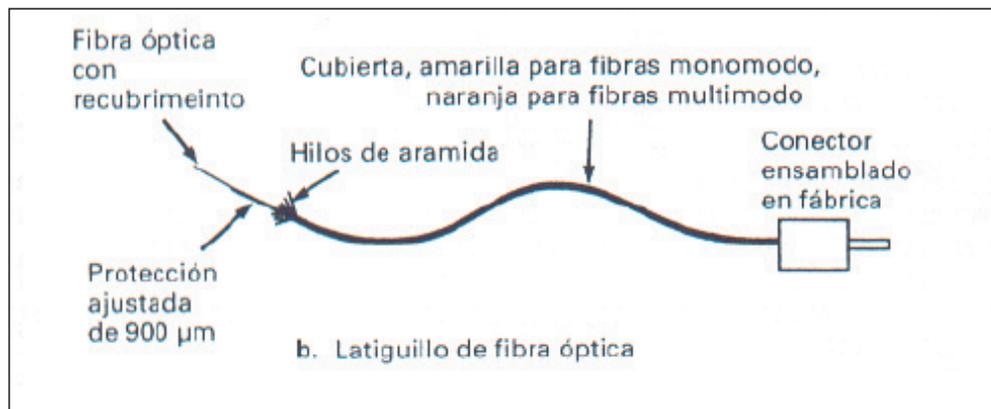
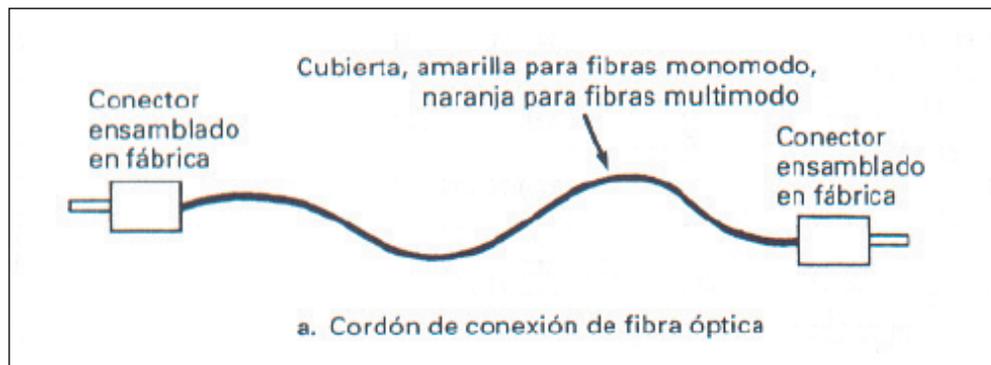


Figura 21. Pig tails y patch cord

### 1.5.4 Conectores ópticos

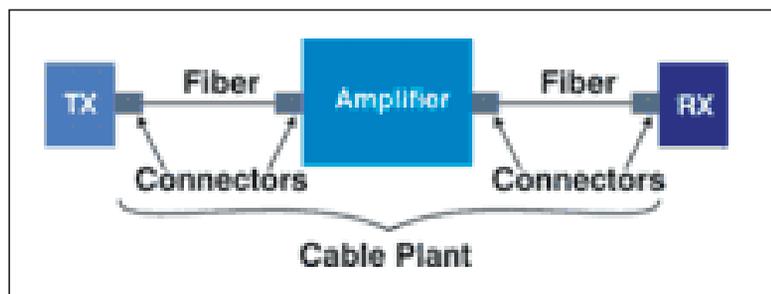


Figura 22. Disposición de los conectores ópticos en un enlace

Un conector se compone de un casquillo o férula, un cuerpo, una cápsula o corona y un manguito.

El casquillo o férula es en sí la fibra óptica; puede ser de cerámica, acero o plástico.

La cápsula y el cuerpo pueden ser de acero o plástico.

Cualquier partícula de polvo o mugre en el conector puede producir alta atenuación en la señal, razón por la cual se debe mantener tapado el conector con la cubierta plástica hasta tanto no se instale definitivamente.

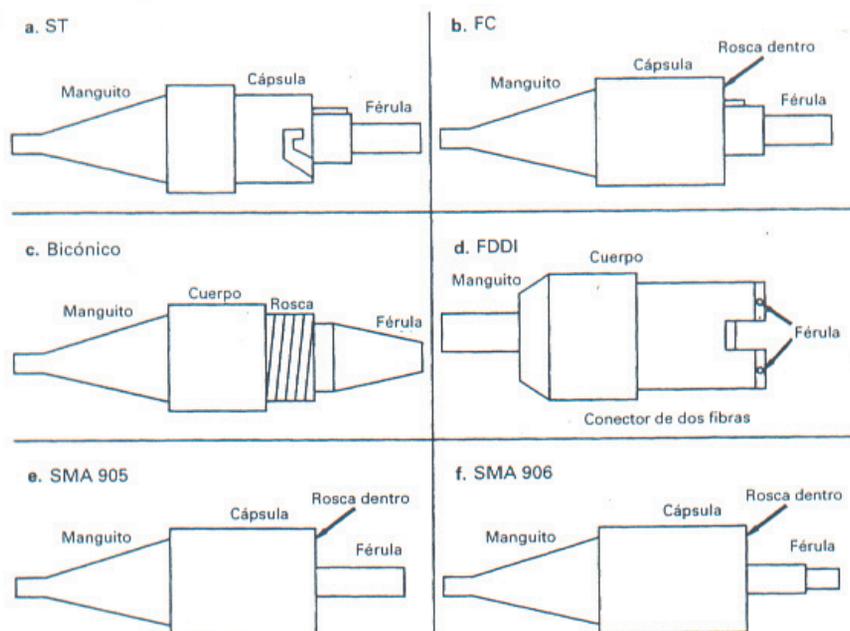


Figura 23. Parte constructiva de los conectores ópticos

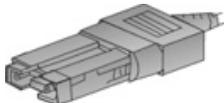
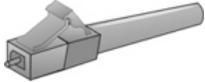
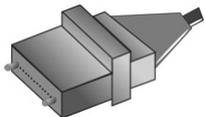
CONECTOR	PÉRDIDA	TIPO DE FIBRA
 FC	0.50-1.00 dB	SM, MM
 FDDI	0.20-0.70 dB	SM, MM
 LC	0.15 db (SM) 0.10 dB (MM)	SM, MM
 MT Array	0.30-1.00 dB	SM, MM
 SC	0.20-0.45 dB	SM, MM
 SC Duplex	0.20-0.45 dB	SM, MM
 ST	Typ. 0.40 dB (SM) Typ. 0.50 dB (MM)	SM, MM

Figura 24. Tipos de conectores ópticos

## 1.6 Topologías de las redes de fibra óptica

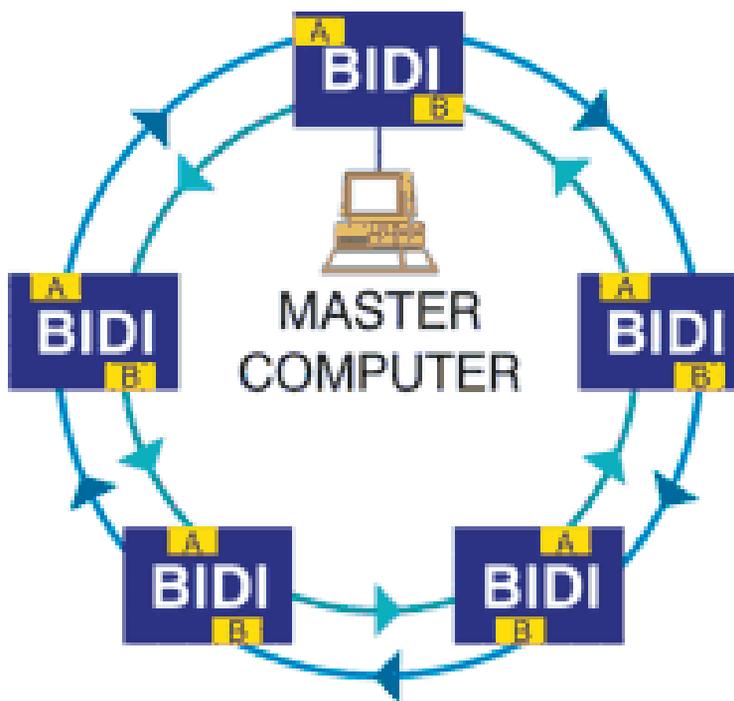


Figura 25. Topología en anillo bidireccional

Se puede hablar de topología lógica o de topología física. La topología lógica se refiere a la forma en que los nodos o elementos de la red se comunican entre sí.

La topología física se refiere al trazado real del cableado y de los elementos de la red.

### 1.6.1 Topologías lógicas

Son de varias clases:

- 1.6.1.1 Punto a punto. En ella se conectan directamente dos elementos de red.
- 1.6.1.2 En estrella. Todos los elementos de la red confluyen a un elemento común.

1.6.1.3 En bus. Todos los elementos de la red están conectados a un cable común.

1.6.1.4 En anillo. Todos los elementos de la red se interconectan formando un anillo entre sí.

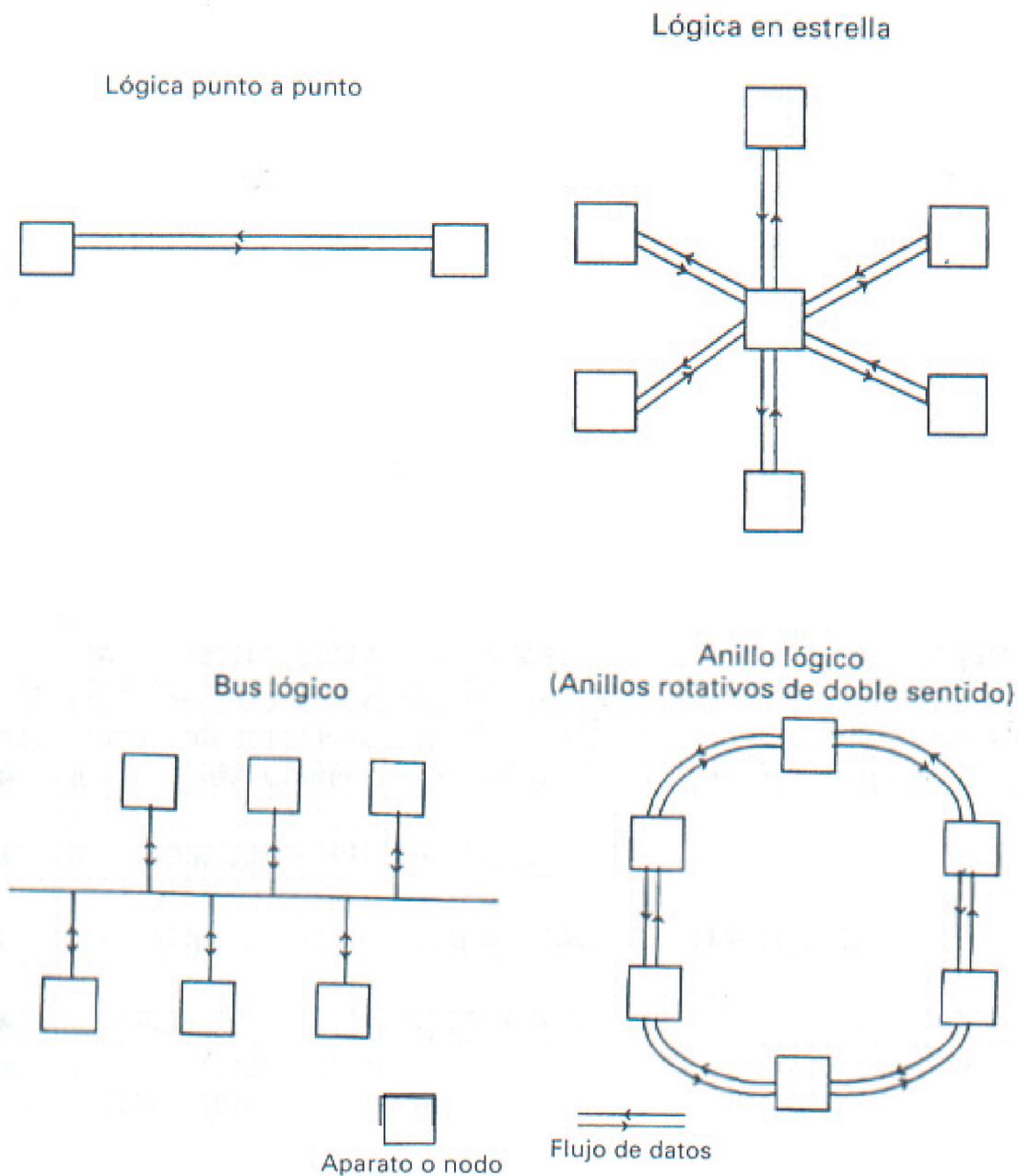


Figura 26. Topologías de red

## 1.6.2 Topologías físicas

Lo ideal en toda instalación es que la topología lógica coincida con la topología física, y viceversa.

Lo anterior no se cumple siempre debido al tipo de medio utilizado, a la topografía y facilidades del terreno, etc.

Los sistemas de fibra óptica se instalan normalmente como topologías físicas punto a punto, en estrella o en anillo.

La escogencia de un tipo de topología física casi siempre viene determinada por la clase de protección que se quiera dar al sistema, por la cantidad de información que se va a transportar, por los costos de la misma, por las condiciones y topografía del terreno, entre otros.

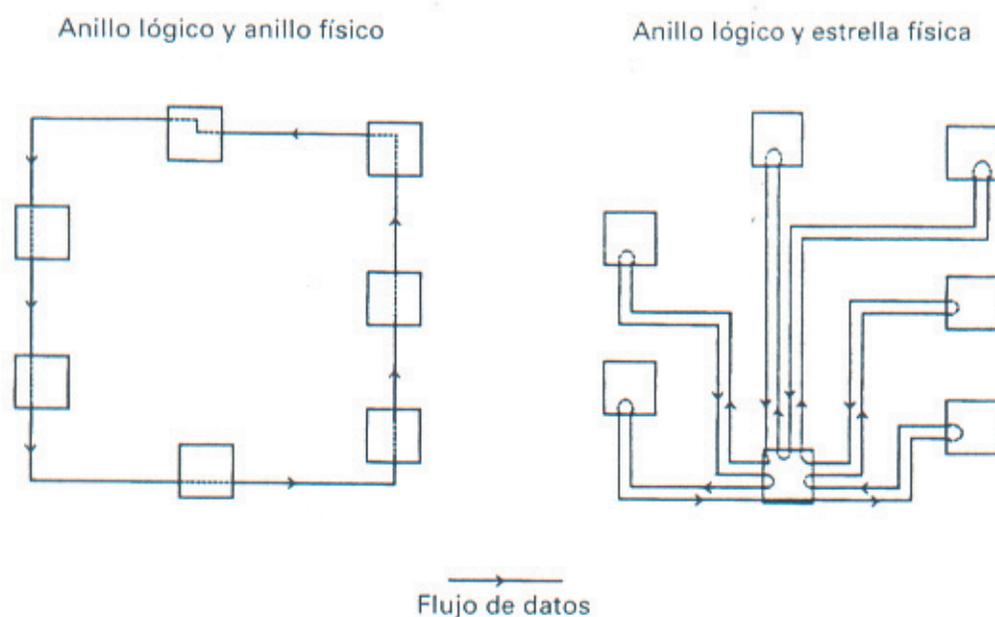


Figura 27. Topología en anillo: Lógica - Física

## 1.7 Autoevaluación

1. Menciones dos grandes ventajas de la transmisión por fibra óptica.
2. Describa los elementos que componen una red de telecomunicaciones por cable de fibra óptica.
3. Indique si las siguientes expresiones son verdaderas o falsas:
  - a. La fibra óptica puede ser interferida por un campo electromagnético \_\_\_\_\_
  - b. La fibra óptica permite la transmisión de información a altas velocidades y solo a cortas distancias \_\_\_\_\_
4. Sustente las respuestas dadas al numeral 3.

## UNIDAD 2

# Cálculo del proyecto y procedimientos para montar e instalar un enlace de fibra óptica

## Guía de aprendizaje

### Presentación

Alcanzados los fundamentos para plantear un proyecto de montaje e instalación, el paso siguiente es la comprensión técnica de los enlaces ópticos y de los procedimientos requeridos para montar e instalar cables de fibra óptica.

Le invitamos a que adquiera conocimientos y cualifique desempeños sobre los aspectos básicos de diseño, las pérdidas totales de un enlace óptico y los procedimientos de montaje e instalación de cables ópticos.

### Resultados de aprendizaje

- Definir los aspectos básicos para el diseño de una red de fibra óptica.
- Calcular las pérdidas totales de un enlace de fibra óptica.

- Describir las normas básicas exigidas para manipular cables y equipos de fibra óptica.
- Describir los procedimientos exigidos para montar e instalar cables de fibra óptica.
- Describir los procedimientos para empalmar fibras ópticas.

## Metodología de abordaje del tema

Realice una visita a un sitio donde se esté montando e instalando una red de fibra óptica; compare las prácticas de montaje e instalación observadas con los aprendizajes obtenidos gracias a la unidad y a las fuentes consultadas.

Además de lo anterior, proponga un cálculo de un enlace óptico a partir de los datos generados de un proyecto en particular y de un fabricante de cables de fibra óptica.

No es suficiente el estudio de la unidad, se requiere la observación de los procedimientos de montaje, instalación y empalme de fibra óptica y la consulta del cálculo de enlaces.

Plantear un proyecto de montaje e instalación de la red de fibra óptica supone establecer todos los procedimientos que garanticen el funcionamiento de la red bajo los estándares de calidad exigidos y el debido cumplimiento de las normas ambientales y de seguridad industrial, en procura de evitar accidentes que atenten contra la vida de las personas y maltrato o deterioro de los equipos y elementos involucrados.

## Autodiagnóstico

Antes de iniciar la presente unidad, es conveniente verificar si conoce algunos de estos conceptos, necesarios para una mayor comprensión del tema. Si no los conoce, por favor consúltelos.

Para ello responda las siguientes preguntas:

¿Qué es un enlace de fibra óptica?

¿Cuáles son los aspectos básicos de diseño de una red de fibra óptica?

¿Qué factores se miden para comprobar la calidad de la señal en un enlace de fibra óptica?

¿Qué implica plantear procedimientos de montaje e instalación de redes de fibra óptica?

¿Por qué la calidad de los empalmes incide en las pérdidas de potencia?

## Recursos

- Sitio donde se monte e instale una red de fibra óptica
- Proyecto de diseño de una red de fibra óptica

## **2. Cálculo del proyecto y procedimientos para montar e instalar un enlace de fibra óptica**

### Objetivo específico

Familiarizarse con los diferentes factores que intervienen en el diseño de una red de fibra óptica, sus relaciones y valores permitidos.

### Generalidades

En esta unidad se analiza el diseño de un enlace de fibra óptica describiendo los principales factores que intervienen en él, tales como la atenuación de la fibra, las pérdidas totales, los niveles apropiados de transmisión y recepción, la tasa de error, las pérdidas por envejecimiento y reparación, y el margen de pérdidas adicionales, entre otros.

### **2.1 Aspectos básicos de diseño**

El diseño de un sistema o de una red de fibra óptica es una labor que requiere sumo cuidado, y dentro del cual se deben considerar, entre otros, los siguientes factores:

- Velocidad de transmisión de datos
- Protocolos y tipos de señales
- Ancho de banda requerido en el enlace
- Potencias ópticas de transmisión y recepción
- Tasa de error
- Pérdida o atenuación total del enlace
- Distancia máxima
- Condiciones y topografía del terreno
- Ruta y obras civiles
- Tipos de cables de fibra óptica
- Clases de fibras (monomodo, multimodo), atenuación, índice de refracción, dispersión, etc.
- Equipos disponibles
- Conectores ópticos
- Empalmes

### 2.1.1 Fibra monomodo y multimodo

Inicialmente se trata de decidir qué tipo de fibra usar, para ello se mencionan las ventajas de una y otra:

#### **Ventajas de la fibra monomodo**

- Permite transmitir mucha información a grandes distancias
- El ancho de banda no es tan dependiente de la longitud, como sí lo es en la fibra multimodo (ver Glosario)
- Posee una atenuación muy baja (ver Glosario)
- Su costo es inferior al de una fibra multimodo.

#### **Ventajas de la fibra multimodo**

- Apropiaada para distancias inferiores a 2 kms
- Con estas fibras se pueden usar diodos LED como transmisores ópticos, los cuales suelen ser más baratos
- Es la fibra usada en muchas redes LAN (ver Glosario).

De acuerdo con lo anterior, la fibra monomodo se utiliza para grandes distancias (mayores a 2 kms) y grandes cantidades de información.

Las fibras multimodo tienen amplia aplicación en redes con distancias cortas y velocidades bajas de transmisión de datos.

### 2.1.2 Ancho de banda

Es una medida de la capacidad de la fibra para transmitir información. En términos muy generales se puede considerar como la máxima velocidad de transmisión de datos que un sistema o red de fibra óptica puede transmitir o soportar con una mínima distorsión de la señal.

El ancho de banda está limitado por las características de la fibra (longitud de onda, dispersión, etc. – ver Glosario) y los equipos ópticos utilizados, y decrece al aumentar la longitud de la fibra.

Para las fibras multimodo se suele dar el ancho de banda normalizado a 1 kilómetro, por ejemplo, 50 Mhz por kilómetro.

Para las fibras monomodo el fabricante suministra unas gráficas en las que se muestra el ancho de banda en función de la longitud de onda ( $\lambda$  – ver Glosario) y el ancho espectral (ver Glosario) del transmisor óptico (diodo LED o diodo láser).

Se puede decir que en las fibras monomodo el principal factor que afecta el ancho de banda es la dispersión cromática (ensanchamiento anormal del pulso que viaja dentro de la fibra).

### 2.1.3 Pérdidas totales del enlace óptico

En este apartado se tienen en cuenta todas las posibles pérdidas de señal debidas a conectores, empalmes, atenuación de la fibra, curvaturas en los cables, deformaciones, estiramientos, tracciones, maltrato, vibraciones, entre otras.

Las pérdidas totales calculadas deben garantizar una tasa de error mínima, de tal forma que el sistema opere sin distorsión o degradación de la señal.

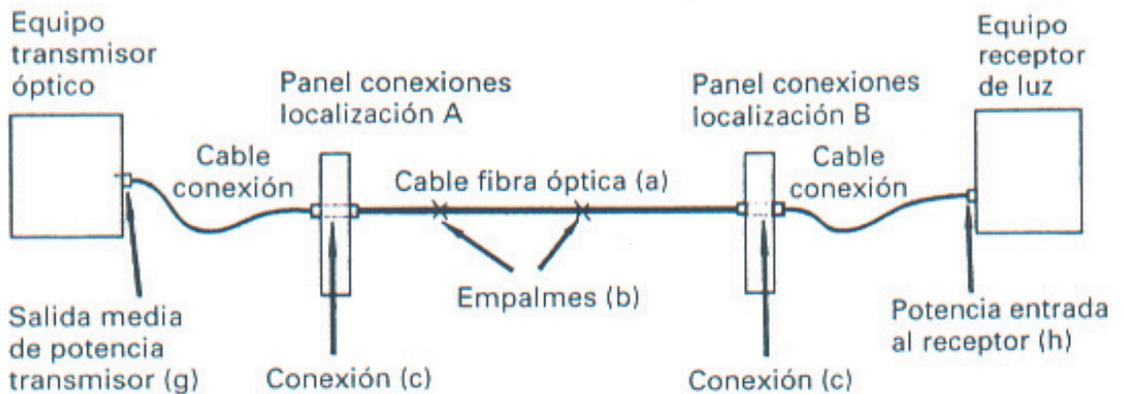


Figura 28. Disposición de equipos para medir la pérdida del enlace

### 2.1.4 Procedimiento para el cálculo del enlace

Normalmente el diseño de una red de fibra óptica dentro de un casco urbano se facilita porque en la mayoría de los casos se conoce la ubicación de los equipos o nodos de la red, es decir, las distancias entre sí no son desconocidas.

Se parte de un conjunto de cifras, muchas de ellas dadas por el fabricante de la fibra, con el cual se pretende hallar un margen de pérdidas de la señal que garantice una mínima tasa de error en el sistema, tal como se muestra a continuación:

- a. Atenuación total en la fibra. Es el producto de la atenuación característica por la longitud total (ver Glosario).
- b. Pérdidas en los empalmes mecánicos o por fusión. Se estima un pérdida de 0.1dB en un empalme por fusión, y 0.5dB en uno mecánico (ver Glosario).
- c. Pérdidas de conexión. Son las debidas a las conexiones en el enlace de fibra óptica.
- d. Pérdidas de otros componentes, tales como conectores y cables cortos de conexión.
- e. Margen de diseño. Son las pérdidas estimadas que brindarán la suficiente confianza para que el enlace funcione a lo largo del tiempo; es decir, se trata de un margen contra el envejecimiento de los equipos y de la fibra óptica.
- f. Pérdidas totales del enlace óptico. Es la suma de todas las cifras anteriores.
- g. Potencia óptica de transmisión. Es la generada por el diodo LED o diodo láser.
- h. Potencia de entrada al receptor. Se calcula restando g – f.
- i. Rango dinámico del receptor. Es el rango de potencia recibida dentro del cual el equipo operará correctamente sin saturarse o degradarse. La potencia de entrada del receptor, calculada en h, debe estar dentro de este rango.
- j. Sensibilidad del receptor. Es la mínima potencia recibida para que el sistema digital opere con la tasa de error deseada.
- k. Margen de pérdidas restantes. Es la pérdida adicional de potencia óptica que el sistema o enlace puede tolerar sin dejar de funcionar correctamente; en otras palabras, es el margen que queda entre el nivel de potencia recibido en condiciones normales y el mínimo nivel de recepción en las peores condiciones, sin que el funcionamiento se degrade debido a una tasa de error más deficiente que la permitida. Se calcula entonces como  $h - j$ . Siempre debe ser mayor que cero, y suele usarse un valor mínimo de 3 dB.

Observe un ejemplo:

Lambda de trabajo: 1310 nm

Longitud a cubrir: 10 Kms

Atenuación característica – ALFA : 0.3 dB/km

- A) ATENUACIÓN EN LA FIBRA  $0.3 \times 10 = 3$  dB
- B) PÉRDIDA EN LOS EMPALMES  
(4 empalmes por fusión – cada uno 0.1dB) =  $4 \times 0.1 = 0.4$  dB
- C) PÉRDIDAS DE CONEXIÓN (2 conectores a 1 dB cada uno): 2 dB
- D) OTRAS PÉRDIDAS: 1 Db
- E) MARGEN DE DISEÑO (envejecimiento – reparación): 3 dB
- F) PÉRDIDAS TOTALES:  $A+B+C+D+E = 9.4$  dB
- G) POTENCIA DE TRANSMISIÓN: - 10 dbm
- H) POTENCIA DE RECEPCIÓN:  $G - F = - 10 - 9.4 = - 19.4$  dbm
- I) RANGO DINÁMICO DEL RECEPTOR: - 10 a - 30 dbm
- J) SENSIBILIDAD DEL RECEPTOR PARA UNA TASA DE ERROR DE 10 A LA MENOS 10: - 26 dbm
- K) MARGEN DE PÉRDIDAS RESTANTES:  $H - J = -19.4 - (-26) = 6.6$  dB

Se observa que queda un margen de pérdidas restantes bastante grande, muy por encima de los 3 dB recomendados, lo que garantiza que la fibra y los equipos utilizados son apropiados para el buen funcionamiento del enlace.

## 2.2

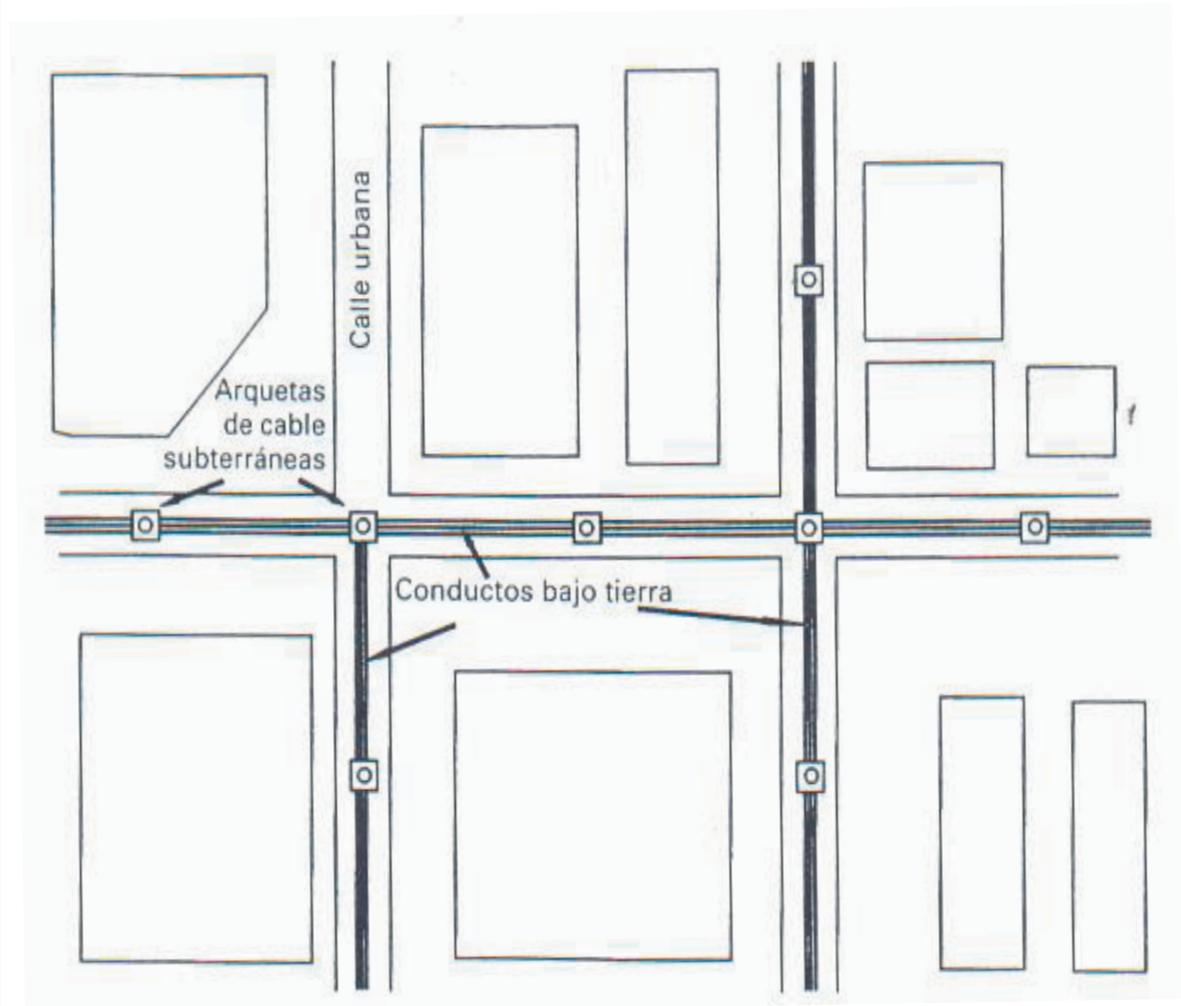
### Aspectos básicos para el diseño e instalación de la red

La utilización de ductería debidamente planificada para futuras ampliaciones es ideal cuando se trata de centros urbanos altamente poblados, dado que la excavación continua de zanjas y trabajos adicionales se vuelven cada vez más costosos y molestos para la comunidad en general.

Es por ello que la distribución de la red urbana dentro de la ciudad se debe hacer previendo todo tipo de necesidades futuras, tanto técnicas como

urbanísticas y ambientales de la comunidad, tratando en lo posible de cubrir el mayor número de áreas pobladas o de alto potencial habitacional.

Un diámetro típico para los ductos es de 4 pulgadas.



*Figura 29. Trazado urbano de la red de fibra óptica*

La distribución de las cajas o cámaras subterráneas debe ser en lo posible uniforme a lo largo del recorrido del cable, de tal forma que se facilite la instalación, inspección y cambio de dirección del mismo, sobre todo cuando se presentan curvas largas y pronunciadas.

Es preferible instalar una cámara en dichos puntos que correr el riesgo de una ruptura u otros daños en el cable debido a la fricción de éste contra las paredes del ducto durante el proceso de tracción.

Estas cámaras suelen ser rectangulares y hechas de hormigón, de un tamaño apropiado según los requerimientos de ductos, espacio público y futuras ampliaciones.

Una vez se tiene el diseño de ingeniería (equipos, cables, planos y topología de la red), se deberán realizar las siguientes tareas para todo tipo de instalación, sea aérea, subterránea o mixta:

- Identificar en el sitio el recorrido exacto del cable.
- Investigar el tipo de terreno que cruzarán los cables (pavimento, grama, pantano, arena, etc).
- Hacer un inventario de todas las redes de servicios públicos que puedan verse afectadas durante la instalación del cable de fibra óptica, para minimizar daños en redes de acueducto, alcantarillado, gas, teléfono, televisión y otros.
- Verificar que se cumplan las especificaciones de instalación
- Determinar sobre el terreno los requerimientos físicos para localizar e instalar cada uno de los elementos de la red (equipos, cable de fibra óptica, cajas de empalmes, ductos, cámaras de inspección y cambio de dirección, etc.).
- Obtener el debido permiso ante las autoridades competentes de la municipalidad, de tal forma que se respeten las normas ambientales, urbanísticas y proyectos viales futuros.
- Verificar que se cumplan todas las recomendaciones de seguridad y manejo que se requieran durante la instalación de la red.
- Verificar que todo el personal conozca todos los procedimientos de instalación del cable.
- Verificar que todos los equipos y elementos de la red queden correctamente instalados.
- Confrontar su funcionamiento con respecto a la tasa de error deseada.
- Registrar correctamente los resultados obtenidos.
- Describir los planes de mantenimiento preventivo y correctivo para toda la red.

## 2.2.1 Instalación subterránea

El cable de fibra óptica se puede enterrar directamente bajo tierra, o instalarse en tubos de PVC.

Generalmente se usan cables de estructura holgada con sus debidas protecciones o armaduras.

### 2.2.1.1 Canalizaciones o zanjas

Un cable de fibra óptica se puede enterrar a una profundidad de 75 a 100 cms, dependiendo de las condiciones del suelo y del uso que se le dé a la superficie (paso de tráfico pesado, trenes, metros, etc.).

Las canalizaciones se deben hacer tan rectas como sea posible, siempre y cuando las condiciones del terreno lo permitan.

El fondo de la zanja deberá ser plano y nivelado para evitar curvaturas indeseables del cable, las cuales lo podrían maltratar y ocasionar atenuaciones de la señal por la fibra óptica.

El relleno de la zanja debe quedar ligeramente por encima del nivel del suelo para permitir posteriormente el asiento de la misma con el paso de vehículos y peatones.

A una distancia prudencial, por encima del cable de fibra óptica, se instala una cinta de color brillante o fosforescente, para avisar en caso de futuras excavaciones, la existencia de una fibra en dicho trayecto, y evitar de esa manera serios daños.

La cinta debe contener todos los datos importantes que permitan identificar la empresa dueña de la fibra, entre ellos los teléfonos para contactarla en caso de un daño grave o emergencia.

Cuando el tráfico de vehículos es muy intenso y pesado, es recomendable instalar losas de hormigón reforzado para evitar daños en el cable.

En algunos tramos, por ejemplo de espesa vegetación, se suelen instalar identificadores o mojones para identificar la ruta y profundidad del cable. Sin embargo, esta medida a veces no es recomendable cuando en la zona pululan vándalos que puedan robarse o dañar la fibra.

En todo cable que posea protección o armadura metálica, ésta deberá ir conectada a tierra en todos los puntos terminales y a la entrada de los edificios.

**Radio mínimo de curvatura.** Este radio se debe respetar para evitar

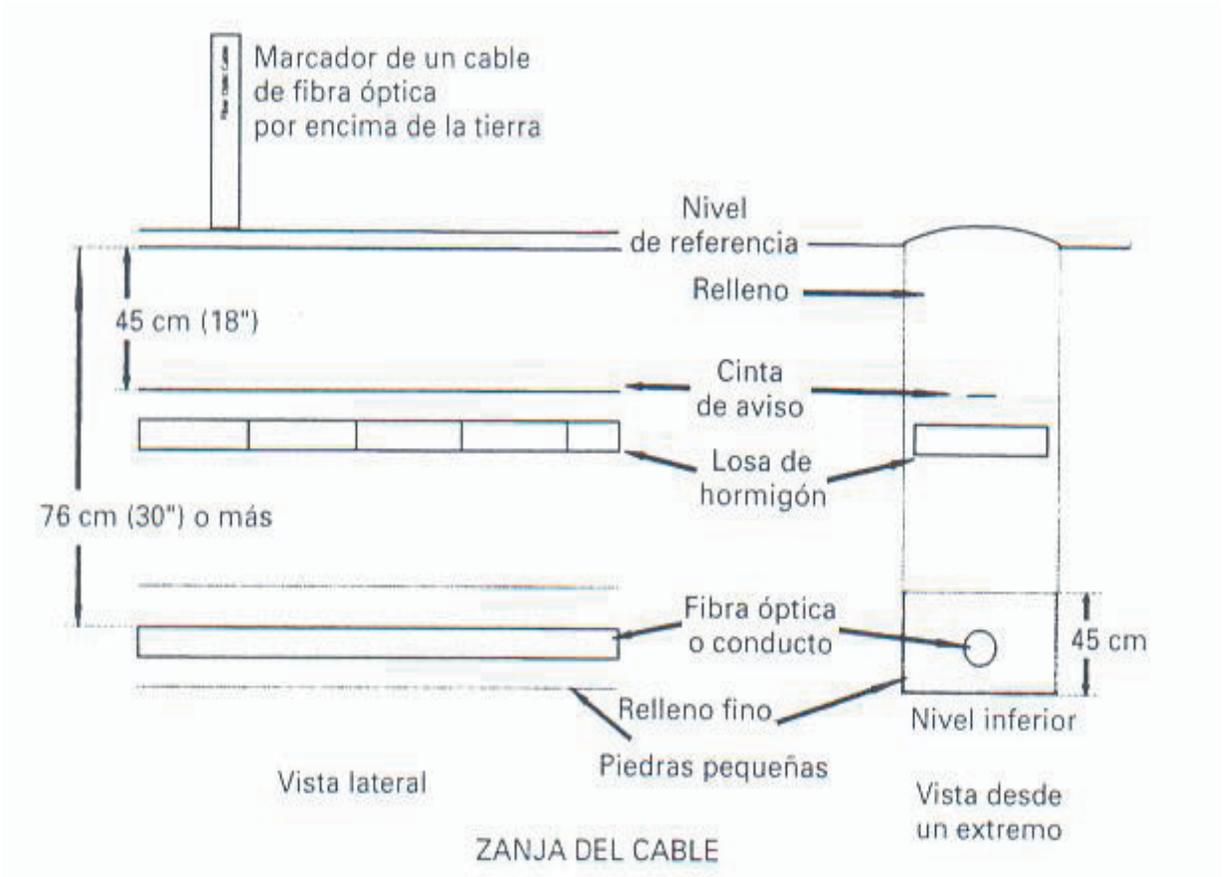


Figura 30. Instalación subterránea de cable de fibra óptica

daños o atenuaciones serias en el cable y en la señal, respectivamente. Varía con el diámetro, y se especifica como un número mayor a 20 veces dicho diámetro.

Durante la instalación siempre se deberá conservar el radio de curvatura adecuado del cable para evitar rupturas y atenuaciones adicionales en la señal de luz que viaja por la fibra.

Las fibras ópticas de vidrio, al igual que los conectores, se pueden romper fácilmente si no se manipulan con cuidado.

- Tensión de tendido. Un cable de fibra óptica soporta una tensión menor de tendido que un cable convencional metálico.
- Algunos fabricantes recomiendan realizar en lo posible la instalación a mano, de tal forma que no se presenten tirones, tracciones o sacudidas bruscas.
- La instalación del cable debe ser en forma continua y estacionaria, y

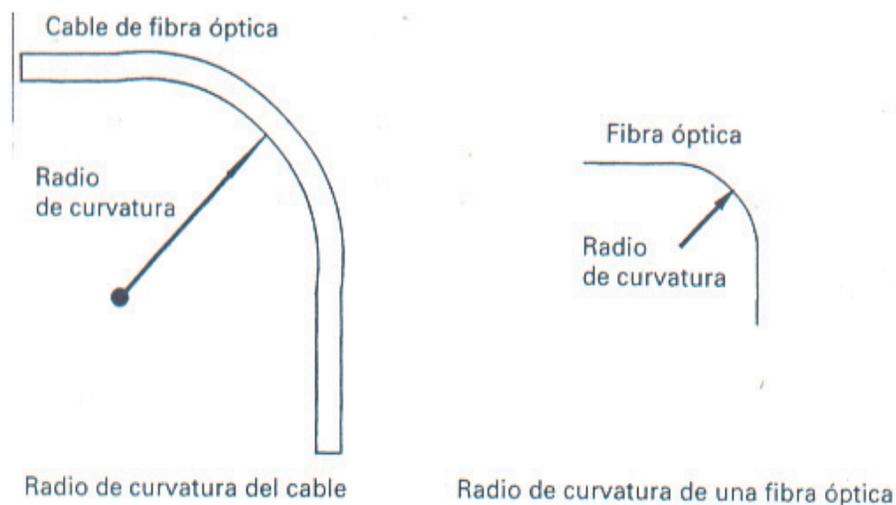


Figura 31. Radio mínimo de curvatura para evitar daños o atenuaciones

se debe hacer con la mínima tensión posible.

- Cuando se haga una instalación vertical, se deberá tener sumo cuidado con la tensión producida por el mismo peso del cable.
- Cuidado general del cable. El cable se deberá manejar con mucho cuidado en todo momento, cualquier maltrato puede romper las fibras o alterar sus propiedades físicas.
- Se debe almacenar en carretes, o si se trata de tramos cortos, almacenarlo en forma de ocho para respetar los radios mínimos de curvatura.
- Los carretes no deben descansar sobre sus costados, es decir, deben permanecer en todo momento en el sentido de giro o arrollamiento de la fibra.
- No deformar el cable con abrazaderas, soportes, cinturones y otros elementos de sujeción. No sujetar el cable a estos elementos con mucha fuerza, es decir, se debe hacer sin aprisionarlo, procurando no dañar la cubierta.
- Los cables deberán ir instalados correctamente en ductos, bandejas o escalerillas porta cables, según el caso, debidamente sujetos, y en lo posible por rutas exclusivas, es decir, separadas de otros tipos de cables existentes.
- Durante la instalación del cable en zanjas o canalizaciones, éstas deberán señalizarse adecuadamente para evitar accidentes de vehículos, personas o animales; además para proteger el cable contra

abolladuras o rupturas.

- Nunca se deberán pasar los cables sobre superficies o elementos cortantes o afilados.
- Tampoco se deberá dejar ningún tipo de material pesado sobre los cables de fibra óptica ya instalados o que estén almacenados.
- No se recomienda instalar el cable directamente enterrado o al vaivén del viento para evitar que por causa del maltrato se deterioren sus propiedades físicas y mecánicas.
- Ante el cruce de puentes o lugares con alta vibración por causa de vehículos pesados, el cable de fibra óptica deberá ir instalado en forma protegida con tubería metálica de alta resistencia mecánica.

### 2.2.1.2 Ductos

La mayoría de las canalizaciones se construyen con tubos de PVC en su interior, los cuales a su vez pueden estar subductados.

Después de la instalación de la fibra en el ducto, éste se debe tapar correctamente para evitar que se llene de agua, tierra u otros materiales.

Los ductos se deben dimensionar teniendo en cuenta futuras ampliaciones o instalaciones de cable, además teniendo en cuenta que un diámetro mayor produce menos tensión en el cable durante la instalación.

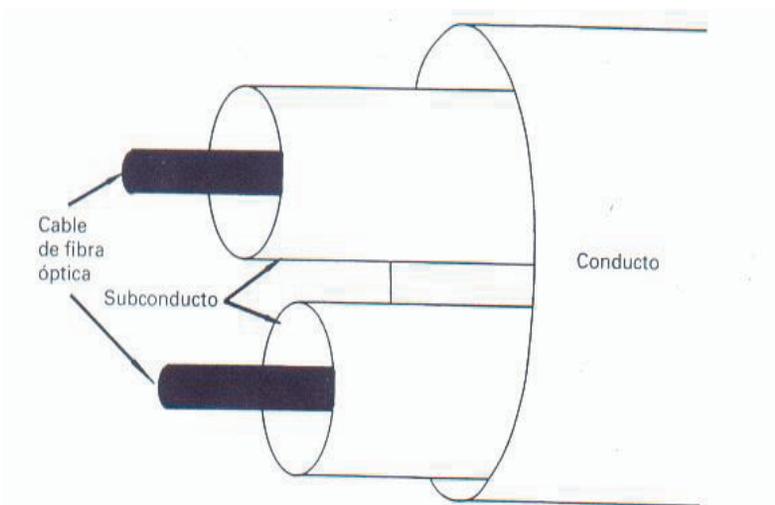


Figura 32. Instalación de cable de fibra óptica subductado

Todo ducto debe ser capaz de resistir la fuerza de compresión debida al relleno y al tráfico de vehículos. El diámetro estándar de los ductos varía de 3 a 8 pulgadas, el de los subductos de 0.75 a 2 pulgadas.

### 2.2.1.3 Cinta de tracción

Aunque su uso no se ha generalizado, esta cinta previene contra daños del cable durante el tendido del mismo.

Esta cinta normalmente lleva impresa la distancia en metros para una fácil identificación del recorrido durante la instalación. Posee un cordón Kevlar para mayor esfuerzo, de tal forma que no se deforme o estire. Es capaz de soportar altas tensiones de tracción.

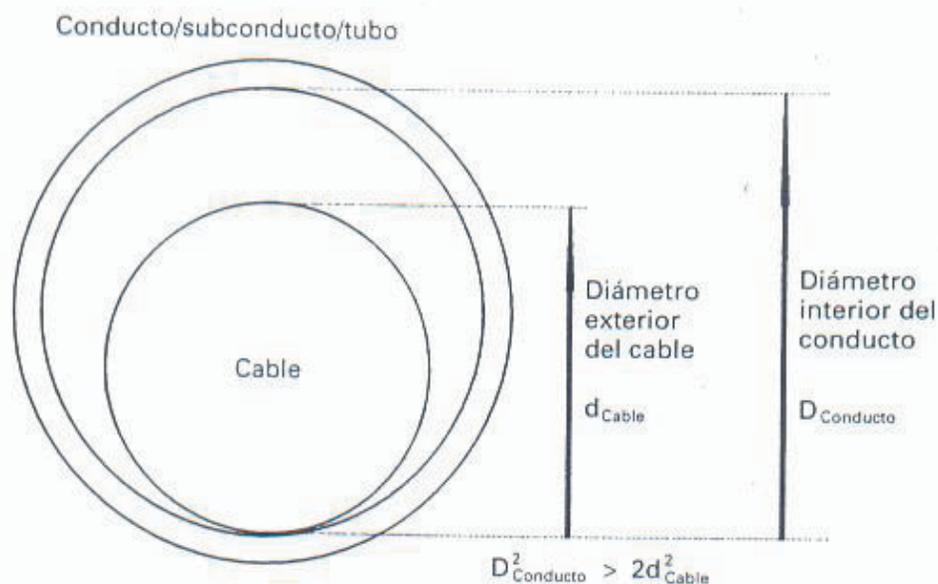


Figura 33. Diámetro de los ductos y subductos

### 2.2.2 Procedimiento para la instalación subterránea del cable

1. Abrir todas las cámaras, asegurándose de que estén limpias y libres de obstáculos.
2. Identificar correctamente los ductos que serán utilizados.
3. Asegurarse de que todos los ductos estén limpios y despejados.

4. Cuando el cable cruce curvas pronunciadas, observar que en estos puntos el cable sufre mucha tensión y fricción, lo cual puede producir calentamiento y serios daños a la fibra.
5. En caso de usar sistemas de tracción vehicular o con poleas, el cable deberá ir adecuadamente atado a éstas sin causar maltratos o curvaturas inadecuadas.
6. Tirar del cable a mano tanto como sea posible. Para la mayoría de los cables, el arrastre manual no requiere monitorear la tensión de tracción.
7. Girar el carrete del cable a mano, asegurándose de que lo haga en forma libre.
8. Dejar en cada cámara la reserva de cable que se calculó durante el diseño de la red (ésta suele ser del 10% de la longitud total, debidamente distribuida en cada una de las cámaras). Esta reserva se utilizará en el futuro para empalmes y reparaciones de emergencia.
9. En forma empírica se ha determinado un mínimo de 6 metros de reserva por cámara.
10. El relleno de la zanja se deberá hacer de acuerdo a las normas de cada ente municipal y preferiblemente con material nuevo; no usar el que se extrajo al momento de hacer la zanja.
11. De ser posible se deberá realizar una medición del cable después de haber sido completamente instalado; esto se hace con el OTDR (Reflectómetro óptico en el Dominio del tiempo – ver Glosario).
12. No olvidar dejar el cable correctamente identificado en cada cámara haciendo uso de la respectiva etiqueta.
13. En todo el recorrido del cable se deberá colocar una cinta de color naranja a 25 cms de la superficie para prevenir daños debido a máquinas o herramientas de excavación.
14. Esta cinta llevará impresos todos los datos de importancia de la empresa dueña del cable de fibra óptica.
15. Algunas veces se pueden colocar mojones de identificación, sobre todo cuando el terreno está cubierto por alta vegetación.



*Figura 34. Etiqueta para identificar el cable en las cámaras o en interiores*

### 2.2.3 Normas generales para instalación aérea

Muchas redes de fibra óptica suelen tener tramos combinados de instalación subterránea y aérea, todo depende del tipo de terreno en el cual se esté trabajando; a veces se hace necesario salvar profundidades o abismos que sólo se pueden cubrir en forma aérea.

También puede presentarse el caso en el que debido a la falta de permisos o a la presencia de proyectos viales futuros, no se pueden realizar excavaciones en vías existentes, obligando a que la red recurra a tramos aéreos para salvar dichos obstáculos. En este caso se puede hablar de redes híbridas.

Este tipo de redes aéreas requiere siempre de un cable mensajero que sirva de soporte al cable de fibra óptica, razón por la cual suele usarse el cable figura ocho (ver Glosario). El cable mensajero siempre deberá ir conectado a tierra.

Algunas precauciones se deben observar para mantener un margen mínimo de seguridad:

Prevenir cualquier contacto con líneas de alta tensión.

No instalar cables aéreos cuando el ambiente está húmedo o propicio a rayos o descargas eléctricas.

Los cables aéreos a veces terminan en instalaciones subterráneas, razón por la cual se deberán usar conductos metálicos para proteger al cable de fibra óptica en la bajada del poste a la cámara correspondiente.

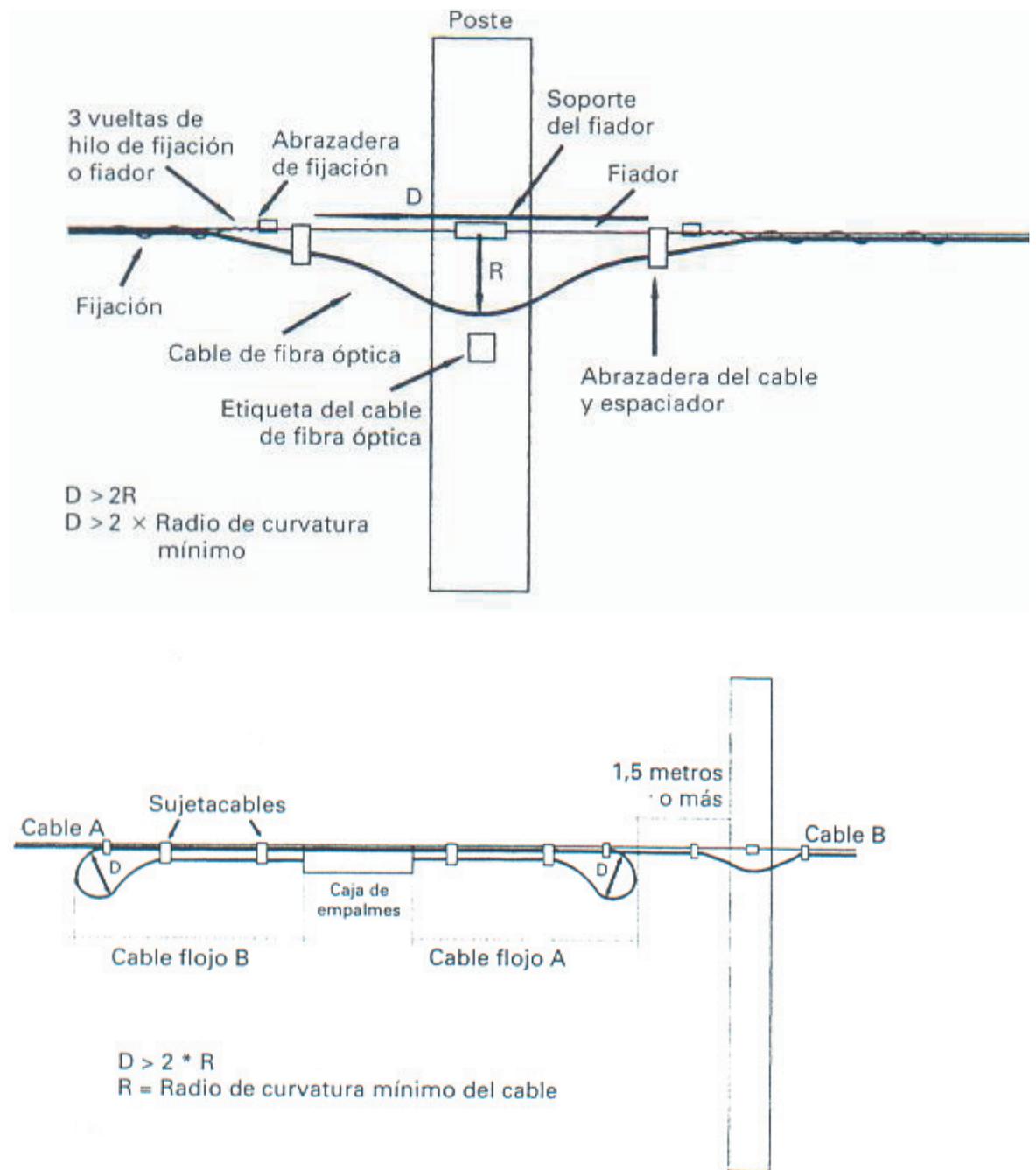


Figura 35. Instalación aérea del cable de fibra óptica

## 2.2.4 Empalmes

Cuando se hace necesario empalmar una fibra óptica con otra, se puede optar por dos métodos: Empalme automático o empalme manual.

El empalme manual se utiliza cuando se requiere una acción rápida o temporal de reparación.

Normalmente el empalme automático se hace con un dispositivo que realiza el empalme por fusión.

Antes de realizar cualquier tipo de empalme se requiere realizar un procedimiento completo de limpieza de la fibra, es decir, retirar todo tipo de suciedad o elementos extraños, separar la cubierta del cable, las protecciones o armaduras, retirar el gel que cubre las fibras, etc.

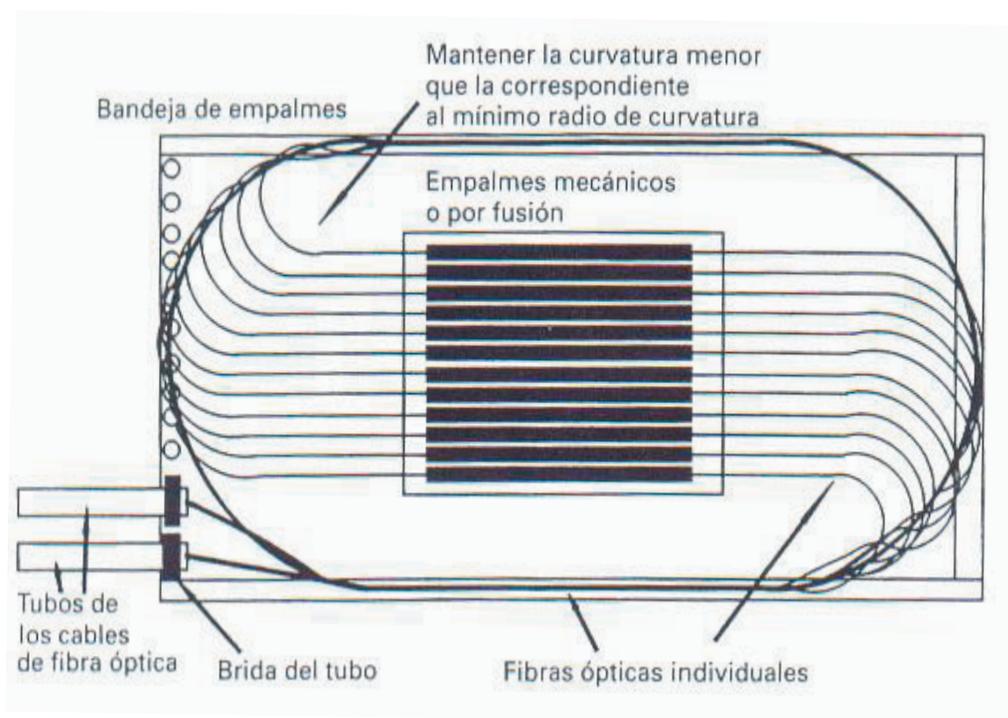
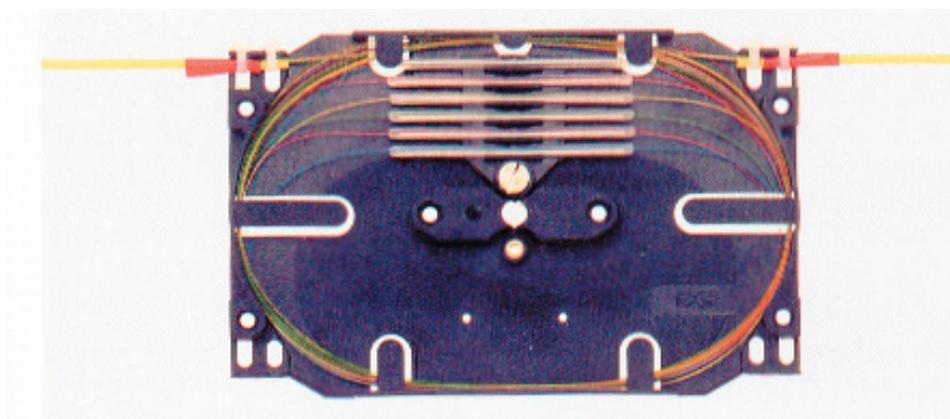


Figura 36. Casete o bandeja porta-empalmes

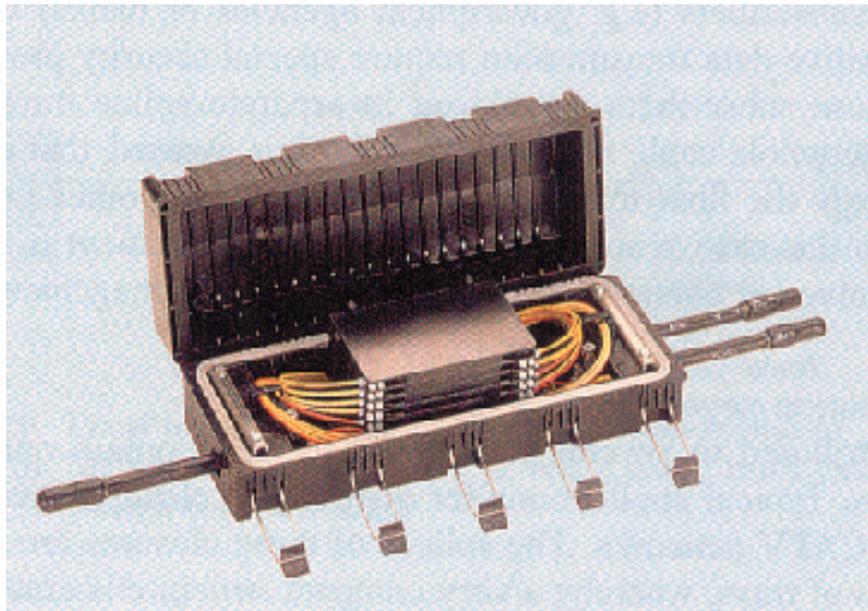


Figura 37. Manguito con los casetes de empalmes en su interior

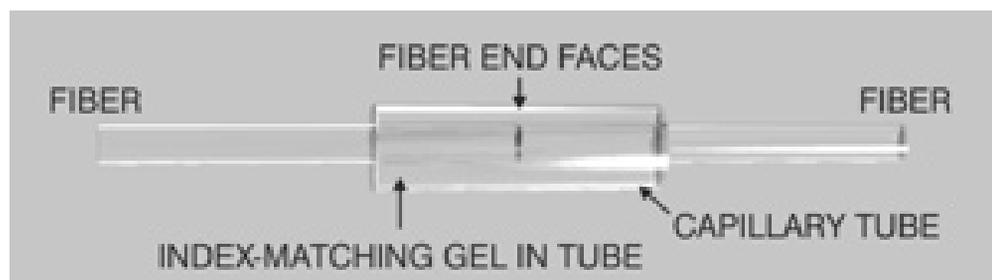


Figura 38. Empalme manual o mecánico

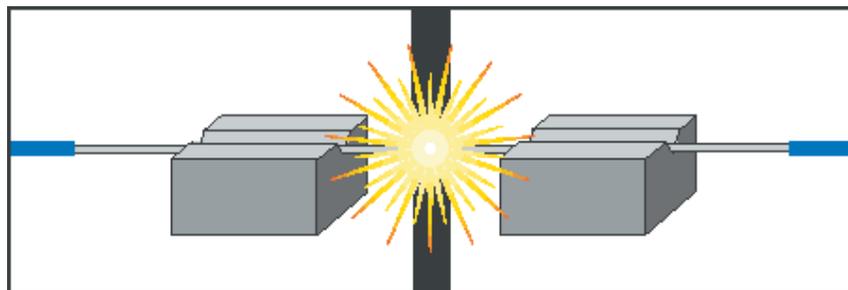


Figura 39. Empalme de fibra óptica hecho por fusión - Automático

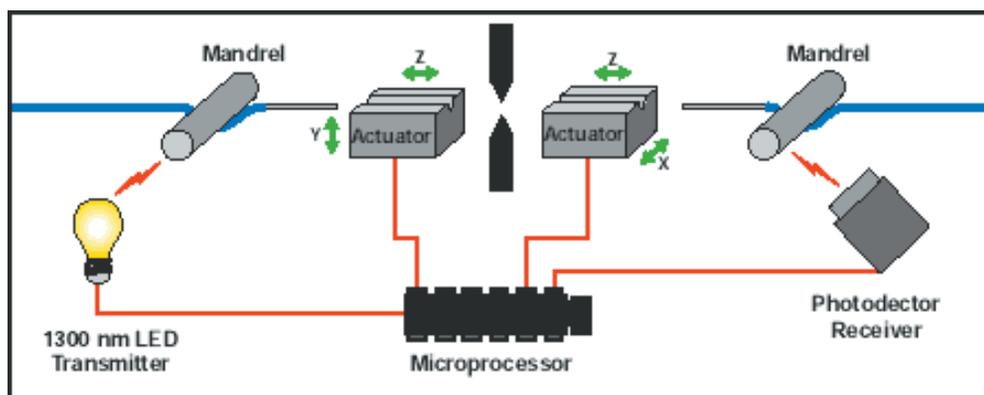


Figura 40. Principio de funcionamiento del empalmador por fusión



Para realizar el empalme, el cable de fibra óptica debe ser pelado con mucho cuidado, procurando no partir los delgados hilos de fibra óptica.

El corte de las fibras deberá ser hecho con suma limpieza y en forma perpendicular, sin dejar residuos o malos cortes.

Para la limpieza del gel, la fibra se debe frotar en una sola dirección con una gasa y alcohol.

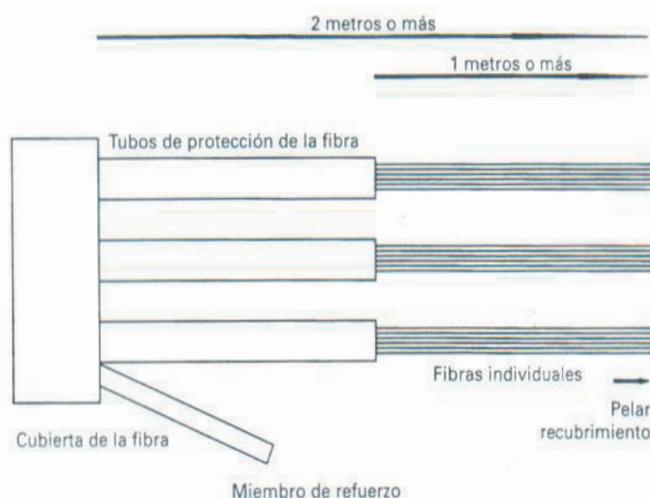


Figura 41. Alistamiento del cable de fibra óptica para el empalme

El cable empalmado a la entrada del edificio deberá terminarse en un cable corto con conector en uno de sus extremos (pig tail) para facilitar la conexión a los equipos terminales o multiplexores.

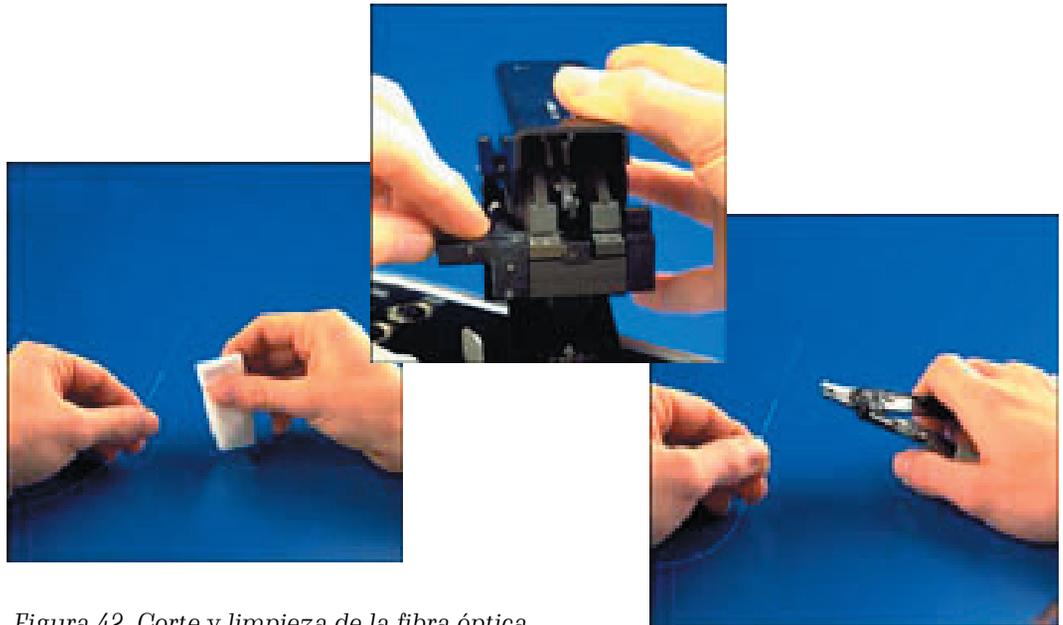


Figura 42. Corte y limpieza de la fibra óptica

Además la conexión a los equipos terminales no se hace directamente, sino a través de una caja de empalme y de un distribuidor de fibra óptica ODF (Ver Glosario), tal como se muestra en la siguiente figura:

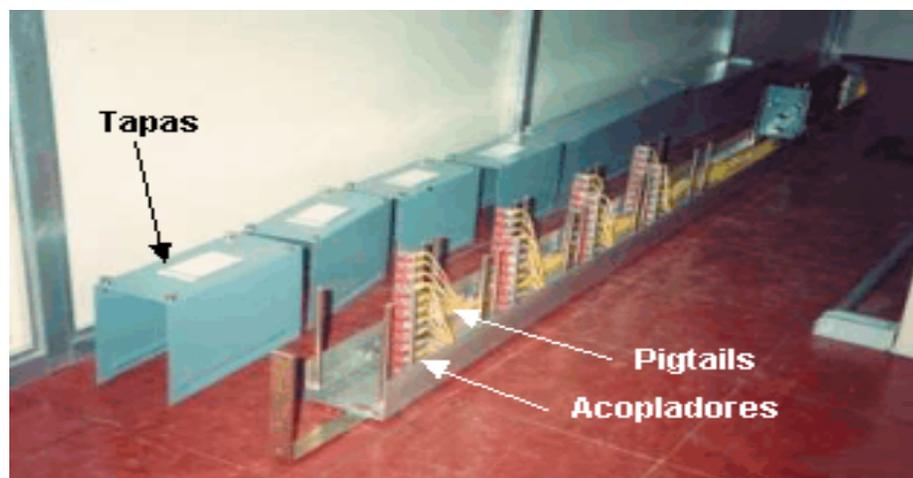


Figura 43. Conexión del cable externo de fibra óptica con los equipos a través de un distribuidor óptico ODF

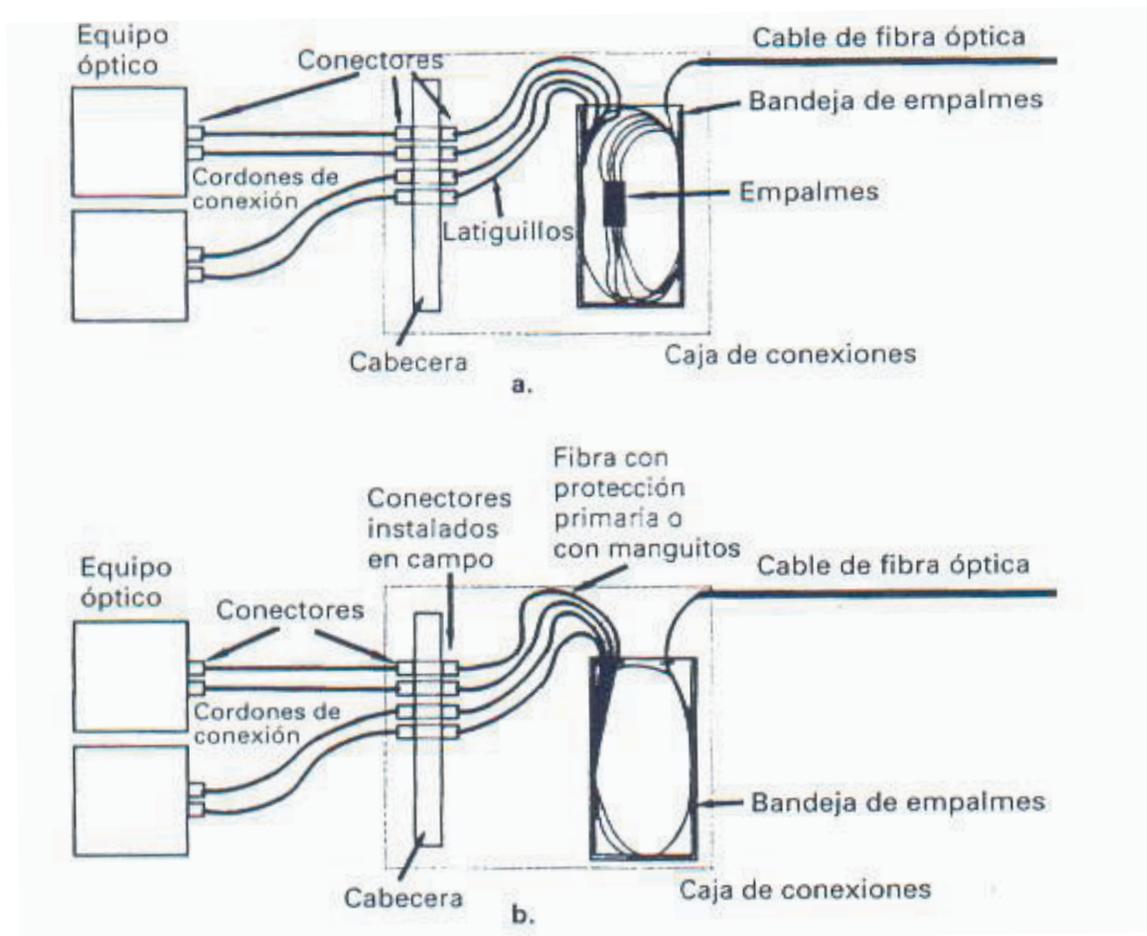


Figura 43. Conexión del cable externo de fibra óptica con los equipos a través de un distribuidor óptico ODF (continuación).

Alistamiento de herramientas, equipos y elementos para empalmes:

- Vehículo
- Grupo electrógeno para generar 220v para alimentar máquinas-herramientas
- Palancas de apertura de cámaras
- Tubo de oxígeno con manómetro y manguera larga para presurización
- Explosímetro para control de gases peligrosos y oxígeno en cámaras
- Forzador de aire para ventilar cámaras en caso de gases o falta de oxígeno
- Conos, vallas, cintas, etc.

- Escalera
- Rotopercutora
- Morral (balde de lona) para bajar herramientas a la cámara
- Casco
- Cinturón de seguridad (para trabajos en altura)
- Empalmadora de FO
- Kit de FO (cuchilla para retirar cubiertas de la fibra, alcohol, acetona, cortadora)
- OTDR (Reflectómetro)
- Kit de potencia (fuente láser, atenuador y medidor)
- Teléfono celular
- Láser visible identificador
- Pistola de calor
- Herramientas varias (sierra, alicate, tijeras, destornilladores varios)
- Mesa y silla de empalme
- Lámpara de escritorio de 12v
- Guantes de látex
- Soga
- Carpa
- Pala
- Pinza de depilar
- Patch cords y pig tails
- Acopladores diversos
- Termocontraibles varios
- Grapas
- Tarugos, tornillos
- Hilo para ataduras
- Servilletas
- Estopa, trapos

## 2.2.5 Normatividad

### 2.2.5.1 Normas ambientales

Al momento de proyectar el montaje y la instalación de una red de telecomunicaciones por fibra óptica se deben tener en cuenta todas las normas ambientales y comunitarias exigidas por la Administración Municipal sobre los siguientes aspectos:

- Impacto urbanístico
- Impacto paisajístico
- Impacto general en la comunidad afectada
- Proyectos de ampliación de vías
- Uso del espacio público
- Conservación de zonas de interés público
- Reposición de zonas verdes, zonas de recreación y parques en general
- Reposición de vías y andenes

### 2.2.5.2 Normas de seguridad industrial

- Se deberá observar todo tipo de medidas de seguridad, antes, durante y después de la instalación del cable para garantizar un trabajo seguro y libre de accidentes que puedan afectar a las personas, tanto del proyecto como peatones en general.
- Proteger y señalizar adecuadamente las vías y andenes para indicar la presencia de obstáculos, trabajos o vehículos estacionados, especialmente en jornadas nocturnas.
- Proteger y señalizar debidamente aquellas cámaras abiertas o en construcción.
- Ventilar adecuadamente las cámaras para evitar la concentración de gases peligrosos.
- Evitar las chispas o llamas cercanas a las cámaras previendo una eventual explosión de gases.
- Revisar toda fuente de corrosión que pueda afectar escalerillas, soportes, abrazaderas y otros elementos de sujeción.
- En caso de fugas de aceite o gasolina, se deberán tomar medidas extremas para evitar explosiones, sobre todo si se pretende usar empalmadores de fusión dentro de las cámaras.

- Si se usa una cámara existente procurar no interactuar con otros cables o con elementos que puedan llevar alta tensión.
- Corte y pelado del cable. Tener el debido cuidado con las herramientas y el material de fibra sobrante al momento del corte, marcado y rayado del cable; este material puede dañar los ojos o la piel. Por ello se recomienda usar gafas y guantes de protección.
- Rayo láser. La potencia y directividad de la luz que viaja por la fibra óptica puede afectar seriamente los ojos, es por ello que la fibra no debe mirarse directamente.
- Al momento de una manipulación de los equipos para efectos de mantenimiento o reparación, las fuentes de luz se deberán apagar en forma automática.
- Los equipos deben tener un circuito de apagado automático del diodo láser, llamado ALS, para protección del personal (ver Glosario).
- Tensión del cable. En algunos casos los refuerzos del cable durante la instalación pueden almacenar energía elástica, ocasionando latigazos hacia atrás y serios daños en los equipos y personal cercanos.
- Solventes y líquidos de limpieza. Algunos de ellos son tóxicos e inflamables, razón por la cual se prohíbe el encendido de fuego y cigarrillos. Se recomienda trabajar en lugares ventilados.
- Empalmadores de fusión. En algunos casos estos equipos pueden producir chispas, lo cual puede ser peligroso en presencia de gases inflamables, sobre todo en recintos o cámaras subterráneas.

### 2.2.6 Selección de la mejor alternativa

Un proyecto de fibra óptica puede instalarse en forma aérea o subterránea, todo depende del costo, tiempo y características deseadas.

No siempre la opción más rápida o cómoda resulta ser la mejor.

Son muchos los factores que tienen que ver con la decisión entre una alternativa u otra: presupuesto, trazado, ampliación de vías, tiempo, vandalismo, permisos de las autoridades competentes, tipo de terreno a excavar, material de relleno exigido, grado de deterioro de vías, andenes y demás espacio público, etc.

Por ejemplo, la instalación aérea aparentemente es la más asequible, pero raras veces se tiene en cuenta el vandalismo.

Los continuos robos de cable, creyendo la gente que se trata de cobre, hacen muy engorroso y costoso el mantenimiento de una red de fibra óptica.

Adicionalmente el costo de la red puede incrementarse ante la necesidad de comprar o arrendar predios y postería a lo largo de todo el trazado.

Con respecto a la instalación subterránea se prefiere el uso de tubería de PVC; esto garantiza la protección del cable y la reserva de ductos para futuras ampliaciones de la red sin necesidad de tener que abrir nuevas zanjas. Los ductos libres se pueden arrendar a otras empresas operadoras, lo cual puede garantizar el retorno de la inversión.

Entre una instalación aérea y una subterránea, la primera puede resultar menos costosa, pero no siempre la más segura.

Muchas administraciones niegan o limitan el permiso de instalaciones aéreas por temor al deterioro urbanístico y paisajístico ante la presión de la comunidad que ve con recelo la saturación de predios, parques y fachadas con elementos tales como postes, cajas de empalmes, cables mensajeros, tubos, etc.

Una red aérea queda a merced de las condiciones externas del sector, esto es, presencia de vándalos, accidentes debido a lluvias, tormentas, caídas de árboles y rayos, ocasionando la rotura del cable de fibra óptica.

Con respecto a la instalación subterránea, la profundidad y el tipo de relleno exigido en las zanjas por las autoridades municipales, pueden encarecer el proyecto, razón por la cual se debe tener en cuenta este factor al momento de trazar la red.

Igual sucede con el tipo de terreno para excavar y rellenar: áreas peatonales, vías de tráfico pesado, zonas húmedas o inestables, vías en concreto, calles con presencia de redes de otros servicios domiciliarios, tales como telefónicas, acueducto y alcantarillado, gas, televisión, entre otras.

Finalmente, la decisión de instalar una red subterránea, aérea o mixta no la toma una sola persona, normalmente lo hace un grupo dentro del cual se debe contar con ingenieros, técnicos, instaladores, financistas y personal en representación de las autoridades municipales o competentes.

Se puede decir que se trata de una decisión entre la empresa instaladora, contratistas, cliente y autoridades municipales.

Y es en dicho grupo donde se decide replantear el proyecto, ya sea por factores técnicos, tiempo, costos, permisos, seguridad, cambio de trazado o exigencia del cliente, entre otros.

## 2.3 Autoevaluación

1. *Defina los siguientes conceptos:*
  - Velocidad de transmisión
  - Ancho de banda
  - Longitud de onda
  - Atenuación de la fibra óptica
  - Emisión
  - Ancho espectral
  - Tasa de error
2. *Defina el radio de curvatura y explique cuál es su incidencia en la atenuación de la señal.*
3. *Con base en un mapa real de un sector de la ciudad, bosqueje un diseño de la red consultando previamente ante las autoridades competentes todas las normas ambientales, urbanísticas y proyectos viales futuros (considere las hipotéticas localizaciones de cámaras, tramos subterráneos y aéreos).*
4. *Sustente la conveniencia y adecuación de su diseño.*

## UNIDAD 3

### Aspectos básicos para evaluar y recibir la instalación del cable de fibra óptica

#### Guía de aprendizaje

##### Presentación

Las personas que plantean o replantean el proyecto de montaje e instalación a partir de un proyecto de diseño, deben además plantear los procedimientos para evaluar y recibir una instalación de cable de fibra óptica.

Para plantear los procedimientos de aprobación del montaje e instalación de un cable de fibra óptica, la persona debe estar en capacidad de medir la atenuación y las pérdidas totales en un enlace de fibra óptica, a fin de determinar las condiciones mínimas de funcionamiento.

En tal sentido esta unidad propone identificar recursos, equipos, instrumentos, y parámetros que miden la calidad de funcionamiento de un enlace óptico.

##### Resultados de aprendizaje:

- Describir las condiciones de operación de los recursos, equipos e instrumentos para medir el funcionamiento de enlaces ópticos.

- Medir la atenuación y las pérdidas totales en un enlace de fibra óptica.
- Explicar los valores de las mediciones registradas en las pruebas de un enlace óptico.
- Demostrar las destrezas necesarias y suficientes para manipular y ajustar equipos de medición.
- Describir los procedimientos exigidos para verificar la instalación de un enlace óptico.

### Metodología de abordaje del tema

Le sugerimos que la presente unidad la asuma de la siguiente manera:

- Lea toda la unidad
- Desarrolle los referentes previos
- Mantenga presentes los resultados de aprendizaje que debe cumplir
- Estudie cuidadosamente los contenidos teóricos, consultando otras fuentes de información
- Observe detenidamente las figuras presentadas
- Desarrolle honestamente la autoevaluación
- Realice al menos tres prácticas de pruebas en enlaces ópticos
- A partir de un proyecto de diseño proponga los procedimientos para verificar y aprobar el montaje e instalación de un cable de fibra óptica.

### Autodiagnóstico

Responda correctamente el siguiente cuestionario. Recuerde sus conocimientos y desempeños previos.

¿Qué es un protocolo de pruebas? ¿Para qué se utiliza?

¿Qué mide un reflectómetro óptico en el dominio del tiempo - OTDR?

¿Qué mediciones se hacen sobre un cable de fibra óptica?

¿Qué valores registrados en una prueba sobre un cable de fibra óptica verifican el correcto funcionamiento del sistema?

## Recursos

- Laboratorio para realizar pruebas de funcionamiento de un enlace óptico.
- Recursos, equipos e instrumentos para medir la calidad de funcionamiento de un enlace de fibra óptica.
- Proyecto de diseño de una red de fibra óptica.

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

#### Objetivo específico

Entrenar al alumno-trabajador en la ejecución de las diferentes pruebas que se deben realizar sobre el cable de fibra óptica, tales como atenuación característica, pérdidas totales, empalmes y reparaciones.

#### Generalidades

En esta unidad 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.

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 demás eventos. El OTDR trae su propio software instalado 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 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, 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 participa en las pruebas (cliente y proveedor).

### 3.1 Atenuación y pérdidas totales

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

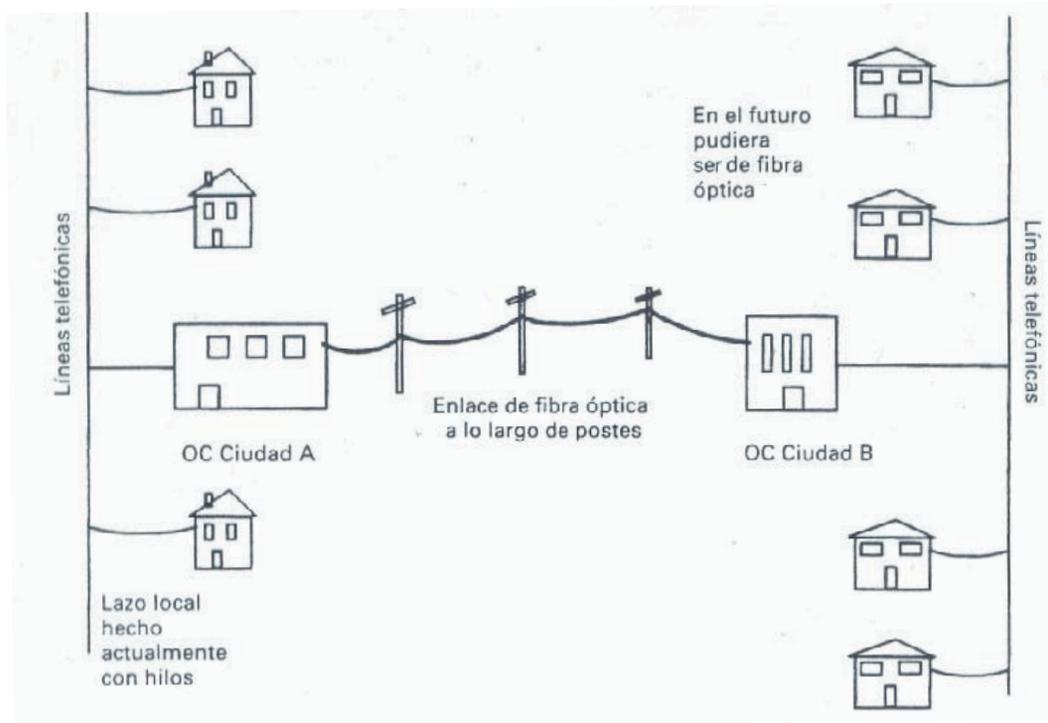


Figura 44. Instalación combinada de cable de fibra óptica: aérea y terrestre.

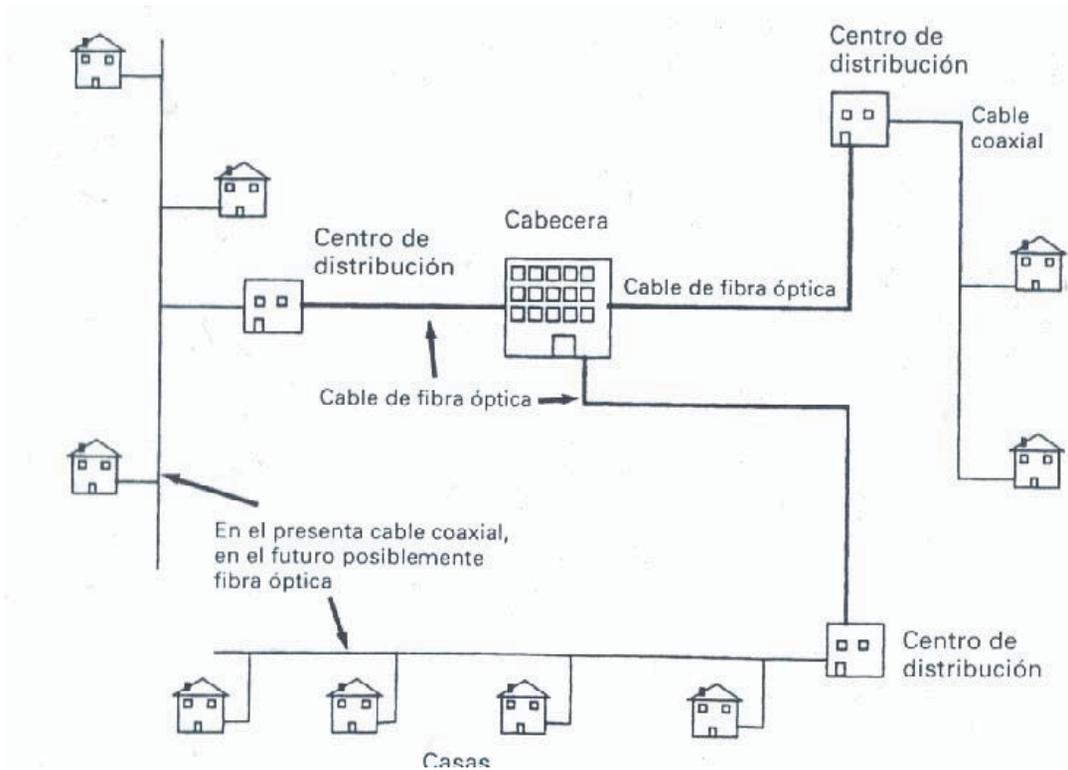


Figura 45. Red híbrida de cobre y fibra óptica

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.

De lo anterior se desprenden dos formas de medición:

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

### 3.1.1 Medición con reflectómetro óptico OTDR

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



Figura 46. Reflectómetro óptico en el dominio del tiempo OTDR

De la curva se pueden obtener 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 roturas que pueda presentar la fibra en un momento dado.

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.

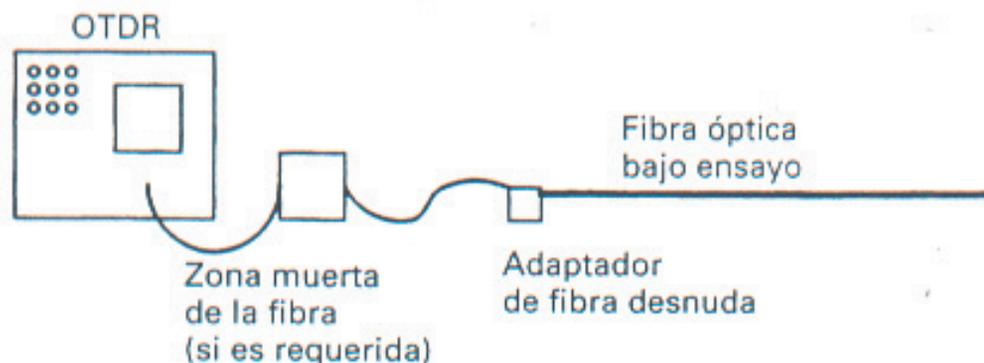


Figura 47. Uso del OTDR para probar un cable de fibra óptica

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.

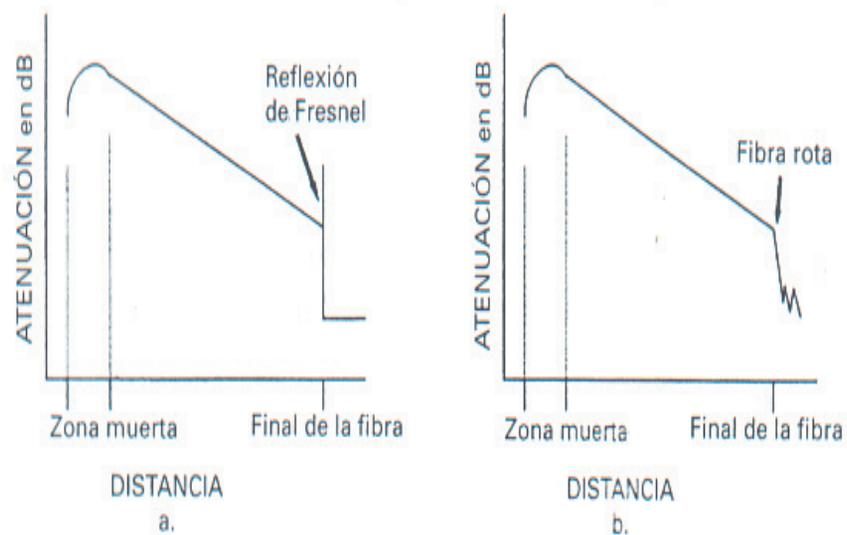
T es el tiempo empleado por el pulso de luz para ir y volver.

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

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.

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

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



Buena traza de la fibra sin empalmes ni anomalías. Finales limpios y bien cortados

Corte pobre o fibra rota

Figura 48. Curvas características del OTDR

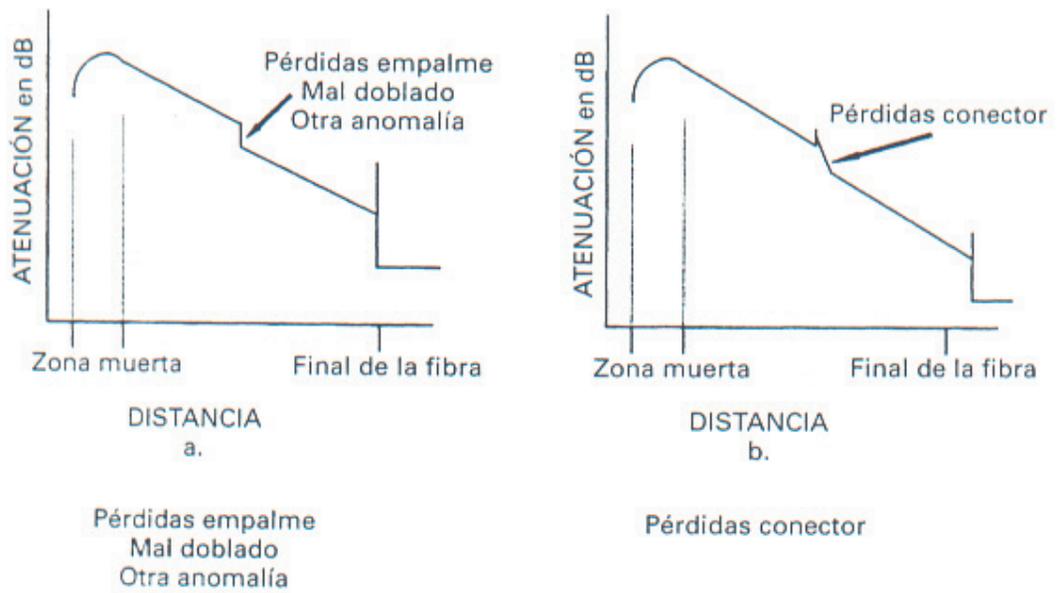


Figura 49. Empalmes y pérdidas en un enlace de fibra óptica

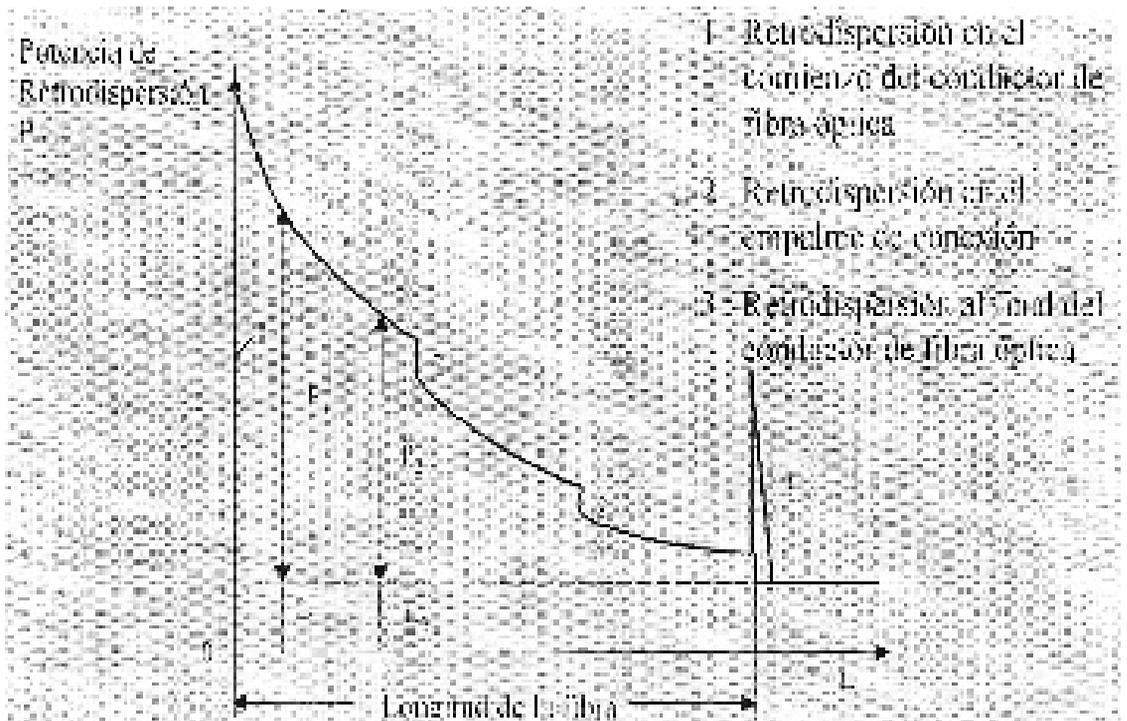


Figura 50. Gráfica general de un OTDR.

### Reflectómetro óptico en el dominio del tiempo OTDR

El OTDR no requiere configuraciones o programaciones complejas para su operación, y 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 – Miltimodo
- 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 kms), corto (entre 5 y 10 kms), medio (entre 10 y 20 kms), largo (20 a 30 kms), muy largo (superior a 30 kms).

Aunque no siempre se dispone de presupuesto suficiente, técnicamente se recomienda probar el cable de fibra óptica en los siguientes eventos para detectar daños, abolladuras o maltrato durante su transporte e instalación:

1. Al recibir los carretes en bodega de parte del proveedor
2. Al momento de despacharlos al sitio de instalación
3. Después del tendido del cable y antes de rellenar las zanjas para observar además los empalmes realizados
4. Después de la instalación definitiva de extremo a extremo, es decir, de distribuidor a distribuidor óptico
5. Después de efectuar una reparación, empalme o cambio de recorrido
6. Periódicamente, mínimo cada año, como mantenimiento preventivo.

### 3.1.2 Medición con generador y medidor de potencia óptica

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

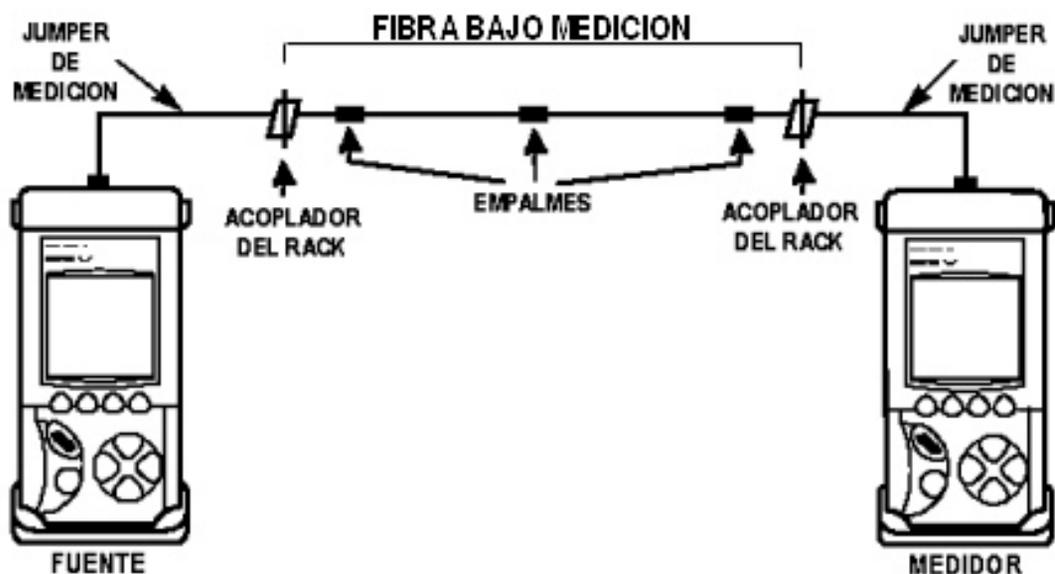
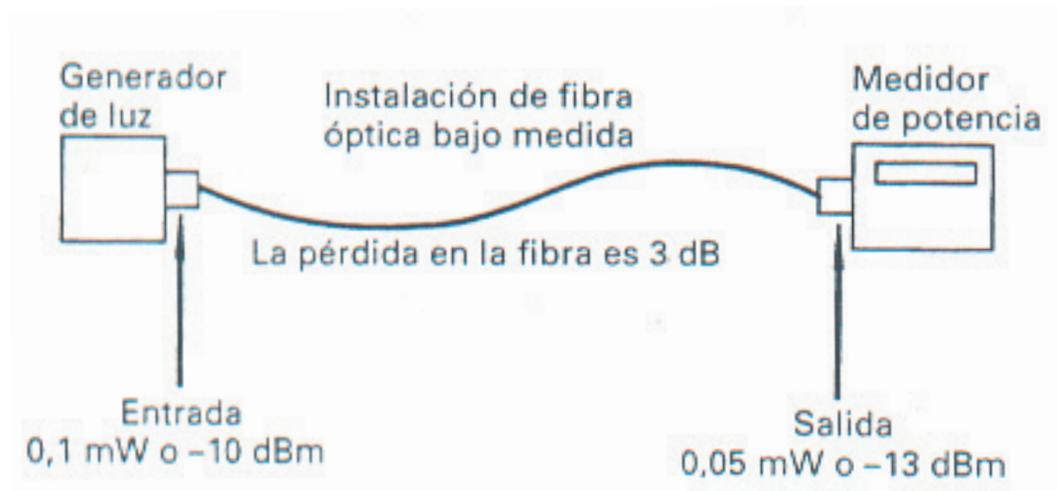


Figura 51. Medición de potencia óptica en recepción

PÉRDIDA (dB) =  $10 \cdot \text{Log} (\text{potencia entrada} / \text{potencia salida})$

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:

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

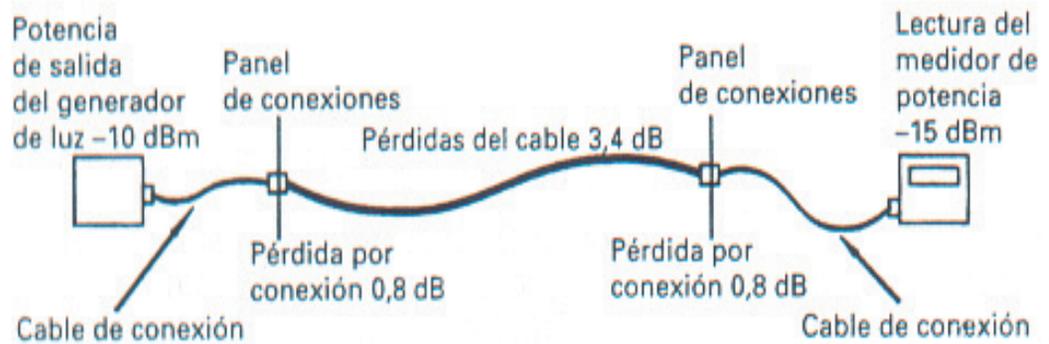


Figura 52. Medición de potencia óptica en cada tramo del enlace

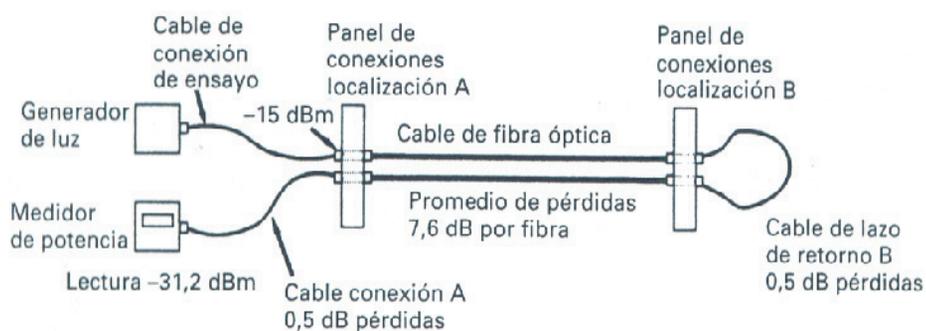
Cuando se miden las pérdidas en dB de varios tramos que conforman un enlace de fibra óptica, la sumatoria de éstas da la pérdida total.

Es importante tener en cuenta que al momento de usar un patch cord 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).

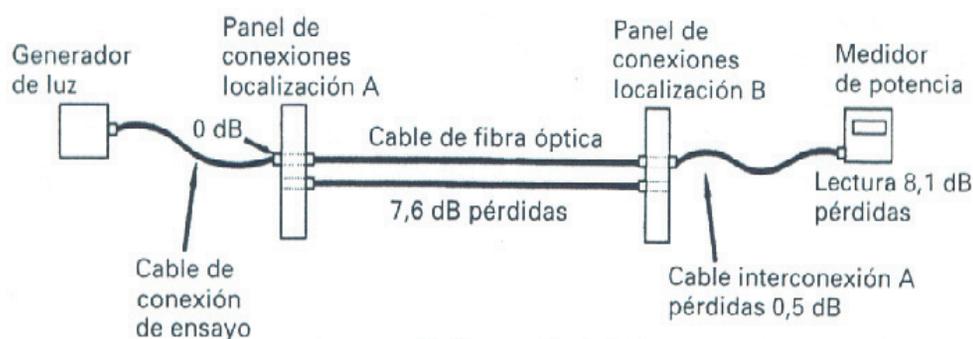
Todos los datos de atenuación, medida en los dos sentidos, se registran en formatos como el que se muestra en el apéndice

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

- En bucle: con cable de retorno en un extremo
- Punto a punto: prueba real de extremo a extremo



a. Ensayo del lazo de retorno



b. Ensayo final-final

Figura 53. 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:

- 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 54. Generador y medidor de potencia óptica



## 3.2 Verificación de la instalación y registros

Aunque este tema hace parte de la interventoría de la obra civil, se mencionan algunas generalidades para la verificación del tendido del cable de fibra óptica, tales como la revisión de las cámaras, zanjas y obras civiles conexas, ductos, rellenos realizados, compactación de los mismos, ubicación de la fibra, empalmes y manguitos, cajitas y distribuidores ópticos, de acuerdo con los planos o diseño del proyecto.

Durante la inspección del recorrido del cable se deberán observar los siguientes aspectos:

- Verificar que el recorrido del cable esté de acuerdo con los planos
- Que el cable esté debidamente protegido en el cruce de vías y calles de alto tráfico, igualmente debajo de puentes u otras estructuras.
- Que en los tramos aéreos esté debidamente instalado y soportado en presencia de redes eléctricas, telefónicas y otras.
- Que las zanjas hayan sido rellenas con el material adecuado
- Que la compactación del relleno cumpla con las normas exigidas
- Que se hayan dejado las debidas reservas de cable en cada cámara
- Que se haya instalado y enterrado en todo el recorrido la cinta de color fosforescente con los datos pertinentes para señalar la presencia de fibra óptica
- Que el cable de fibra óptica esté debidamente marcado con la etiqueta en cada cámara o en escalerillas internas para diferenciarlo de cables eléctricos, telefónicos y otros.
- Que el número y la posición de las cámaras coincidan con los planos
- Que las cámaras tengan su debida tapa y drenaje de agua
- Que el número de ductos coincida con los planos
- Que cualquier daño en obra ajena haya sido debidamente reparado
- Que los manguitos hayan quedado cerrados herméticamente
- Que las cajitas de empalme estén debidamente soportadas en el salón de equipos.
- Que la acometida de entrada del cable de fibra óptica al salón esté protegida con algún elemento o manguera resortada para evitar abolladuras o maltratos.
- Que los distribuidores ópticos estén firmemente instalados y en el sitio conforme a los planos.

- Que se hayan usado los conectores, pig tails y patch cords adecuados para la conexión del cable de fibra óptica, la caja de empalmes, el distribuidor y los equipos terminales.
- Que se registren claramente los resultados de las pruebas y demás mediciones en los formatos apropiados.

### 3.3 Autoevaluación

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

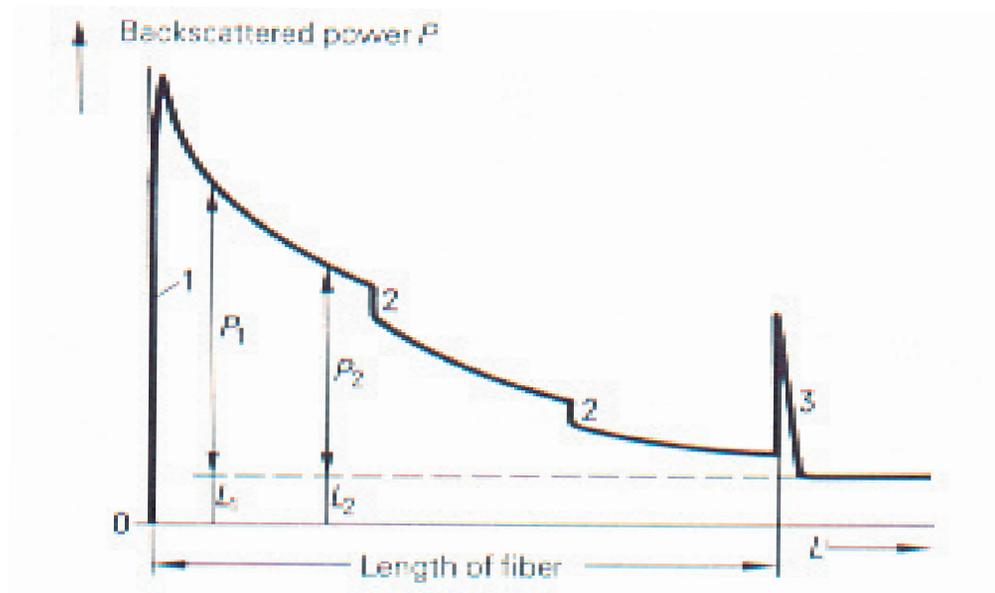


Figura 55. Gráfica obtenida con un OTDR en un cable de fibra óptica

## **Bibliografía**

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

## Glosario

- AIS. Señal de Indicación de Alarma – Señal digital de unos (111), 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.
- ARAMIDA. 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 ÍNEA. 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 del 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 punto de decisión de un bit para definir un 1 ó 0.
- KEVLAR.** Ver arámida.
- 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 SEUDOALEATORIO.** Señal digital utilizada para simular el tráfico real durante la prueba de tasa de error.
- PPM.** Partes Por Millón – Variación o tolerancia de una señal nominal.
- 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.
- TASA DE ERROR.** Relación entre el número de bits errados y el total de bits transmitidos durante un tiempo  $t$  en un enlace determinado.
- VELOCIDAD DE TRANSMISIÓN.** Número de bits transmitidos en un segundo.
- ZONA MUERTA.** Tramo de la gráfica del OTDR que se caracteriza por un pico en el inicio de la fibra cuando la luz penetra en ella durante la medición.

## Índice de figuras

Figura 1.	Enlace de fibra óptica .....	11
Figura 2.	Capas componentes de una fibra óptica .....	12
Figura 3.	Fibra Monomodo .....	13
Figura 4.	Fibra Multimodo.....	13
Figura 5.	Núcleos de ambas fibras (Monomodo y Multimodo).....	13
Figura 6.	Equipos de una red de fibra óptica: Multiplexores y tributarios.....	14
Figura 7.	Equipo terminal de fibra óptica.....	14
Figura 8.	Emisión y ancho espectral.....	15
Figura 9.	Diodo láser.....	15
Figura 10.	Transmisores y receptores ópticos, diodos LED, láser, PIN y Avalancha... 16	
Figura 11.	Equipos terminales, repetidores y tributarios en la red de fibra óptica.....	17
Figura 12.	Comparación entre un cable de cobre y uno de fibra óptica .....	18
Figura 13.	Cable de fibra óptica de estructura holgada .....	19
Figura 14.	Construcción del cable de fibra óptica de estructura holgada .....	19
Figura 15.	Cable de estructura holgada con varios pitillos o buffers .....	20
Figura 16.	Construcción del cable de estructura ajustada.....	21
Figura 17.	Cable de estructura ajustada de varios pitillos .....	22
Figura 18.	Cable de fibra óptica # 8.....	23
Figura 19.	Cable de fibra óptica blindado.....	24
Figura 20.	Cables especiales .....	25
Figura 21.	Pig tails y patch cord .....	30

Figura 22. Disposición de los conectores ópticos en un enlace .....	31
Figura 23. Parte constructiva de los conectores ópticos .....	31
Figura 24. Tipos de conectores ópticos .....	32
Figura 25. Topología en anillo bidireccional.....	33
Figura 26. Topologías de red.....	34
Figura 27. Topología en anillo: Lógica - Física .....	35
Figura 28. Disposición de equipos para medir la pérdida del enlace.....	42
Figura 29. Trazado urbano de la red de fibra óptica.....	45
Figura 30. Instalación subterránea de cable de fibra óptica .....	48
Figura 31. Radio mínimo de curvatura para evitar daños o atenuaciones.....	49
Figura 32. Instalación de cable de fibra óptica subductado.....	50
Figura 33. Diámetro de los ductos y subductos.....	51
Figura 34. Etiqueta para identificar el cable en las cámaras o en interiores .....	53
Figura 35. Instalación aérea del cable de fibra óptica.....	54
Figura 36. Casete o bandeja porta-empalmes.....	55
Figura 37. Manguito con los casetes de empalmes en su interior.....	56
Figura 38. Empalme manual o mecánico .....	56
Figura 39. Empalme de fibra óptica hecho por fusión - Automático .....	56
Figura 40. Principio de funcionamiento del empalmador por fusión .....	57
Figura 41. Alistamiento del cable de fibra óptica para el empalme .....	57
Figura 42. Corte y limpieza de la fibra óptica .....	58
Figura 43. Conexión del cable externo de fibra óptica con los equipos a través de un distribuidor óptico ODF .....	58
Figura 44. Instalación combinada de cable de fibra óptica: aérea y terrestre. ....	69
Figura 45. Red híbrida de cobre y fibra óptica .....	70
Figura 46. Reflectómetro óptico en el dominio del tiempo OTDR .....	71
Figura 47. Uso del OTDR para probar un cable de fibra óptica .....	71
Figura 48. Curvas características del OTDR.....	72
Figura 49. Empalmes y pérdidas en un enlace de fibra óptica .....	73
Figura 50. Gráfica general de un OTDR.....	73
Figura 51. Medición de potencia óptica en recepción .....	75
Figura 52. Medición de potencia óptica en cada tramo del enlace .....	76
Figura 53. Medición de potencia óptica: en bucle y punto a punto .....	77
Figura 54. Generador y medidor de potencia óptica .....	77
Figura 55. Gráfica obtenida con un OTDR en un cable de fibra óptica .....	79

## Anexos

### 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 láser, se utiliza el **dBm**, es decir se toma como referencia (0 dBm) a 1 mw:

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

Tabla de equivalencias

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 $\mu$ W	-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

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,  $\mu$ W=microwatt, mW=miliwatt)

### Atenuación en fibra óptica

Es la pérdida de potencia óptica en una fibra, y se mide en dB y dB/Km.

Una pérdida del 50% de la potencia de entrada equivale a -3dB.

Las pérdidas pueden ser intrínsecas o extrínsecas.

Intrínsecas: dependen de la composición del vidrio, impurezas, etc., y no se pueden eliminar.

Las ondas de luz en el vacío no sufren ninguna perturbación. Pero si se propagan por un medio no vacío, interactúan con la materia produciéndose un fenómeno de dispersión debida a dos factores:

- Dispersión por absorción: la luz es absorbida por el material transformándose en calor.
- Dispersión por difusión: la energía se dispersa en todas las direcciones.

Esto significa que parte de la luz se irá perdiendo en el trayecto, y por lo tanto resultará estar atenuada al final de un tramo de fibra.

Extrínsecas: son debidas al mal cableado y empalme.

Las pérdidas por curvaturas se producen cuando le damos a la fibra una curvatura excesivamente pequeña (radio menor a 4 ó 5 cm) la cual hace que los haces de luz logren escapar del núcleo, por superar el ángulo máximo de incidencia admitido para la reflexión total interna.

También se dan cuando, al aumentar la temperatura y debido a la diferencia entre los coeficientes de dilatación térmica entre fibras y buffer, las fibras se curvan dentro del tubo.

### **Atenuación por tramo**

Es debida a las características de fabricación propia de cada fibra (naturaleza del vidrio, impurezas, etc.) y se mide en dB/Km, lo cual nos indica cuántos dB se perderán en un kilómetro.

Medición con OTDR Hewlett Packard 8146A		
Parámetros de medición:	Span (rango) = 0 a 6 km	Resultado de la medición:
λ = 1556 nm Índice = 1.465 Ancho de pulso = 1000 ns	Promedios = 15 Cursor A = 3.976 km Cursor B = 2.529 km	A-B = 1.447 km LSA Attn = 0.185 dB/km

### **Atenuación por empalme**

Cuando empalmamos una fibra con otra, en la unión se produce una variación del índice de refracción lo cual genera reflexiones y refracciones, y sumándose la presencia de impurezas, da como resultado una atenuación.

### **Empalmes promediados**

El resultado real de la medición de un empalme se obtiene midiéndolo desde un extremo, luego, en otro momento se medirá desde el otro, y finalmente se tomará como atenuación del empalme el promedio de ambas (suma sobre 2).

La planilla sería, por ejemplo (para  $\lambda=1550\text{nm}$ ):

Fibra N°	A			E			B		
	A→B [dB]	B→A [dB]	Atenuación [dB]	A→B [dB]	B→A [dB]	Atenuación [dB]	A→B [dB]	B→A [dB]	Atenuación [dB]
1	0.30	0.30	0.30	0.01	0.03	0.02	0.30	0.40	0.35
2	0.15	0.35	0.25	-0.10	0.10	0.00	0.20	0.10	0.15
3	0.20	0.30	0.25	-0.03	0.05	0.01	0.30	0.00	0.15
4	0.10	0.40	0.25	0.03	0.01	0.02	0.05	0.35	0.20

## Historia

---

En 1626 Snell pronuncia las leyes de Reflexión y Refracción de la luz.

En 1810 Fressnel establece las bases matemáticas sobre propagación de ondas.

En 1873 James Clerck Maxwell demostró que la luz puede estudiarse como una onda electromagnética.

En 1874 el ingeniero Chicolev en Rusia conducía la luz solar a través de tubos metálicos huecos espejados por dentro, hacia recintos donde era peligroso el uso de antorchas o llamas, por ej. en fábricas de pólvora.

En 1910 Hendros y Debye en Alemania experimentan con varillas de vidrio como guías de onda dieléctricas.

En 1927 Baird (Inglaterra) y Hansell (USA) patentan un sistema que puede transmitir imágenes por medio de fibras de silicio.

En 1934 French patenta un sistema de varillas rígidas de vidrio que transmiten señales de voz.

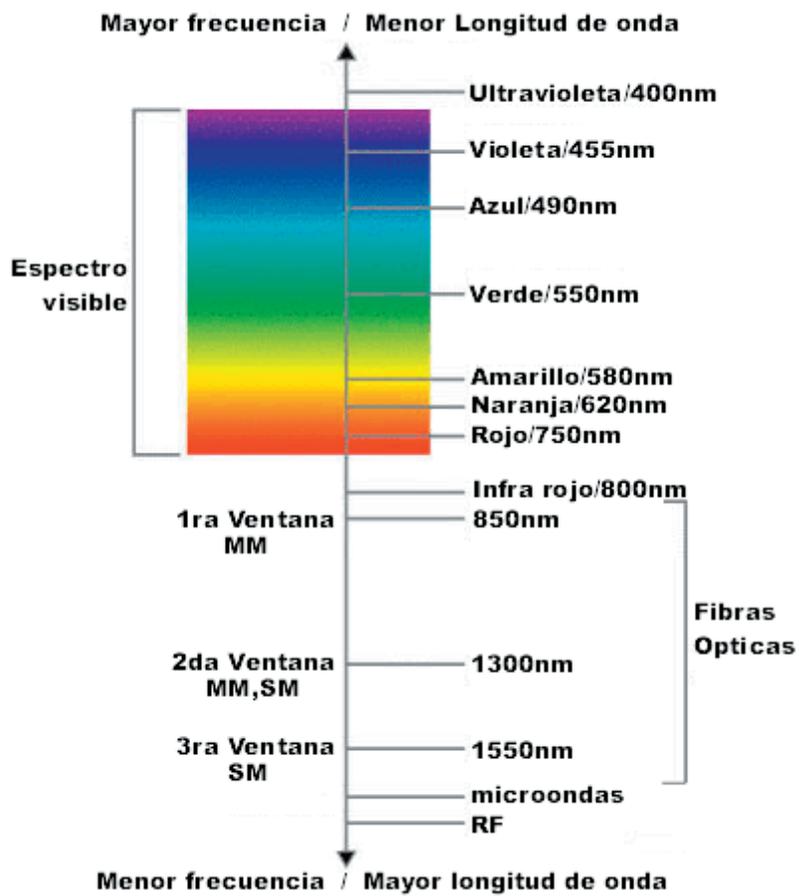
En 1936 Estados Unidos comienza a utilizar fibras ópticas en telecomunicaciones.

En 1960 se construye el primer LASER (amplificación de luz por estimulación de radiación)

En 1970 Corning Glass Works manejaba fibras ópticas con una atenuación de 20dB/km a una longitud de onda de 633nm.

En 1978 se logra una fibra óptica monomodo y en 1979 se consigue para ésta una atenuación de 0.20 dB/km a 1550 nm.

## Espectro electromagnético



## Formatos para registro de medidas

PROTOCOLO DE PRUEBAS LOCALES Y DE ENLACE						
PROYECTO:						
ESTACION A:			NOMBRE Y NUMERO DE EQUIPO:			
ESTACION B:						
			VELOCIDAD en Mbits/ seg:	X	2M	
INGENIERO INTERVENTOR:				.....	34M	
INGENIERO QUE ENTREGA:				.....	140M	
				.....	155M	
LUGAR:				.....	622M	
				.....	2.5 G	
FECHA:						
# DEL TRIBUTARIO O PUERTO	B.E.R LOCAL	B.E.R EN ENLACE	AJUSTE DE JUMPERS DE IMPEDANCIA	MASCARA O FORMA DEL PULSO	PRUEBA DE GOLPES LIGEROS	OPERACION PUNTO A PUNTO
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						
OBSERVACIONES:						
FIRMA ING. INTERVENTOR				FIRMA INGENIERO CONTRATISTA		



PROTOCOLO DE PRUEBAS LOCALES Y DE ENLACE				
PROYECTO:				
ESTACION A:		NOMBRE Y NUMERO DE EQUIPO:		
ESTACION B:				
		VELOCIDAD en Mbits/ seg:		X 2M
INGENIERO INTERVENTOR:				..... 34M
INGENIERO QUE ENTREGA:				..... 140M
				..... 155M
LUGAR:				..... 622M
				..... 2.5 G
FECHA:				
# DEL TRIBUTARIO O PUERTO	TOLERANCIA PPM	TOLERANCIA AL JITTER	SEÑAL DE ALARMA AIS	ALARMA DE TRIBUTARIO (FLOSS-SYNC LOSS)
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				
OBSERVACIONES:				
FIRMA ING. INTERVENTOR			FIRMA INGENIERO CONTRATISTA	



PROYECTO:				
ESTACION A:			NOMBRE Y NUMERO DE EQUIPO:	
ESTACION B:			VELOCIDAD en Mbits/seg:	
				..... 2M
INGENIERO INTERVENTOR:				..... 34M
INGENIERO QUE ENTREGA:				..... 140M
				..... X..... 155M
LUGAR:				..... 622M
FECHA:				..... 2.5 G
EQUIPO:				
	POTENCIA DE TX (dBm)	POTENCIA DE RX (dBm)	CONMUTACION DE PPA A RESERVA	
TARJETA PRINCIPAL				
TARJETA DE RESERVA				
	B.E.R. LOCAL	B.E.R. EN ENLACE	APAGADO AUTOMATICO DEL LASER	GOLPES LIGEROS
TARJETA PRINCIPAL				
TARJETA DE RESERVA				
OBSERVACIONES:				
FIRMA ING. INTERVENTOR		FIRMA ING. CONTRATISTA		

PROYECTO:			NOMBRE Y NUMERO DE EQUIPO:	
ESTACION A:				
ESTACION B:				
			VELOCIDAD en Mbits/ seg:	..... 2M
INGENIERO INTERVENTOR:				..... 34M
INGENIERO QUE ENTREGA:				..... 140M
				..X..... 155M
LUGAR:				..... 622M
FECHA:				..... 2.5 G
EQUIPO:				
	SWITCH OP.- RESERVA	CARGA Y VERSION DE SOFTWARE	JUMPERS	CLOCK - MHZ
TARJETA CONTROLADORA				
TARJETA DE CONMUTACION				
	VOLTAJE DE ENTRADA	VOLTAJE DE SALIDA	JUMPERS	REDUNDANCIA
TARJETA DE ALIMENTACION				
TARJETA DE ALARMAS	ALARMAS DE BASTIDOR	ALARMAS EXTERNAS	CONTACTOS EXTERNOS	AVISO REMOTO
OBSERVACIONES:				
FIRMA ING. INTERVENTOR		FIRMA ING. CONTRATISTA		



PRUEBAS DE ATENUACION DE LA FIBRA OPTICA CON OTDR				
PROYECTO:			TIPO DE FIBRA:	
ESTACION A:			LONG.DE FONDADE PRUEBA:	
ESTACION B:				
LONGITUD DEL CABLE (OTDR):			FABRICANTE DEL CABLE:	
LONGITUD DEL CABLE (FISICA):				
INGENIERO INTERVENTOR:				
INGENIERO QUE ENTREGA:				
LUGAR:				
FECHA:				
COLOR DE LA FIBRA	PERDIDA SENA (dB)	PERDIDA SENB (dB)	PROMEDIO (A+ B)/2	DISTANCIA DEL EMPALME O ANOMALIA
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				
OBSERVACIONES:				
FIRMA ING. INTERVENTOR			FIRMA INGENIERO CONTRATISTA	



## **Respuestas a las autoevaluaciones**

### **Respuestas autoevaluación UNIDAD 1**

1. *Mencione dos grandes ventajas de la transmisión por fibra óptica.*
  - Permite la transmisión de altos volúmenes de información
  - No se interfiere con campos electromagnéticos.
  
2. *Describa los elementos que componen una red de telecomunicaciones por cable de fibra óptica.*
  - 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 dentro de la fibra (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.
  
3. *Indique si las siguientes expresiones son verdaderas o falsas:*
  - a. La fibra óptica puede ser interferida por un campo electromagnético  
F \_\_\_\_\_

- c. La fibra óptica permite la transmisión de información a altas velocidades y sólo a muy cortas distancias \_\_\_\_ F

### *Sustente*

Debido a la naturaleza óptica de la información que viaja por la fibra, no se presenta ningún tipo de interferencia debido a campos electromagnéticos o chispas de cualquier dispositivo.

La fibra óptica permite transmitir grandes volúmenes de información a grandes y a cortas distancias, debido a que posee un ancho de banda muy alto.

## Respuestas autoevaluación UNIDAD 2

### 1. Defina los siguientes conceptos:

- *Velocidad de transmisión*

Transferencia de información entre los puntos A y B, dada como la cantidad de bits transmitidos en cada segundo: Mbits/seg, kilobits/seg, etc.

- *Ancho de banda*

Capacidad o tamaño del canal de comunicaciones en Mhz para transmitir determinada velocidad en Mbits /seg.

- *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

- *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 ubicados entre 0.25 – 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.

- *Emisión*

Lóbulo o configuración espacial dentro del cual produce luz un Diodo LED o láser – en otras palabras, es el ancho del chorro de luz generado 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; sus valores típicos oscilan entre 4 -10 nm).

- *Tasa de error*

Cifra que indica la calidad del enlace (óptimo, degradado, silenciamiento o fuera de servicio). Se define como la relación entre el número de bits errados y el total de bits transmitidos durante un tiempo  $t$  a una velocidad determinada en bits/seg.

2. *Defina el radio de curvatura y explique cuál es su incidencia en la atenuación de la señal.*

El radio de curvatura es el mínimo doblez que soporta una fibra óptica sin que la señal sufra atenuación. Si dicho radio no se respeta (en cms o mms) la señal se verá altamente atenuada y esto implica un requerimiento mayor en potencia.

## Respuestas autoevaluación UNIDAD 3

1. *Defina el concepto de atenuación característica de la fibra*

Es pérdida de potencia que sufre la señal en el recorrido dentro de la fibra óptica. Se representa por la letra griega ALFA y se mide en dB/Km.

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 relación entre Vatios y dBm.*

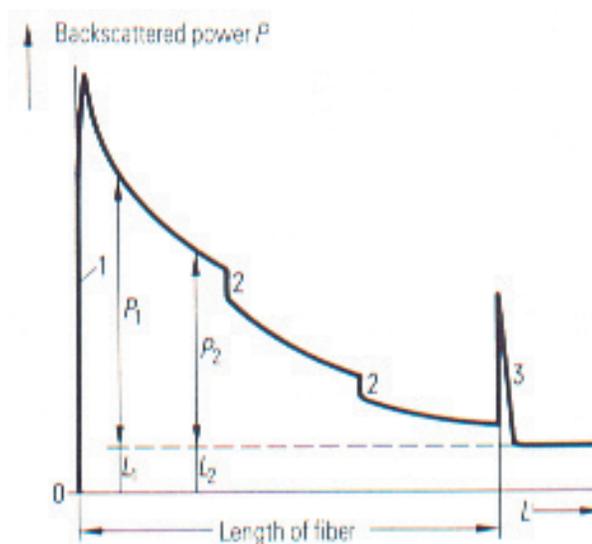
dBm es la relación logarítmica de la potencia en milivatios con respecto a un milivatio:

$$X \text{ dbm} = 10 \cdot \log (X \text{ milivatios} / 1 \text{ milivatio})$$

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

**Nota.** El tramo entre 2 y 2 es una zona lineal, es decir, no presenta ningún tipo de accidentes o maltratos.



## 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	<b>60</b>		
Planteamiento del proyecto de montaje e instalación de la red de telecomunicaciones en fibra óptica	<b>220</b>		
Atención al cliente durante la instalación y conexión del servicio de telecomunicaciones por la red de fibra óptica	<b>70</b>		
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	<b>70</b>		
Aseguramiento del programa ambiental durante el montaje, instalación y conexión de la red de telecomunicaciones en fibra óptica	<b>100</b>		
Cumplimiento de las normas de seguridad industrial para el montaje e instalación de la red de telecomunicaciones por fibra óptica	<b>100</b>		
Montaje, instalación y conexión de la red de telecomunicaciones en fibra óptica	<b>200</b>		
Configuración, programación y pruebas del servicio de telecomunicaciones por la red de fibra	<b>420</b>		
Ética y transformación del entorno		<b>100</b>	
Cultura física		<b>60</b>	
Comunicación para la comprensión		<b>60</b>	
Formación para el emprendimiento		<b>80</b>	
Tecnología Básica Transversal			<b>220</b>
<b>SUBTOTAL HORAS</b>	<b>1240</b>	<b>220</b>	<b>300</b>
Etapa lectiva: 1760 horas Total horas etapa lectiva: 1760 horas Total horas etapa productiva: 880 horas Total horas estructura curricular: 2640 horas			