

**UNIVERSIDAD DE PANAMÁ
CENTRO REGIONAL UNIVERSITARIO DE VERAGUAS
FACULTAD DE INFORMÁTICA, ELECTRÓNICA Y
COMUNICACIÓN**

MONOGRAFÍA:

**FIBRA ÓPTICA:
ORIGEN, ESTRUCTURA,
FUNCIONAMIENTO Y APLICACIONES**

PRESENTA:

RAÚL ENRIQUE DUTARI DUTARI

2012

TABLA DE CONTENIDOS

1.	Introducción.	1
2.	Descripción General Del Medio.....	1
3.	Origen Y Evolución.	2
4.	Estructura.....	3
4.1	Constitución Interna.	4
4.2	Proceso De Fabricación.....	5
5.	Funcionamiento.....	7
5.1	Tipo De Luz Utilizada.	7
5.1.1	Reflexión Interna Total.	8
5.1.2	Cono De Aceptación.	9
6.	Clasificación.	9
6.1	Monomodo.	10
6.2	Multimodo.	11
6.2.1	Multimodo De Índice Gradual.....	12
6.2.2	Multimodo De Índice Escalonado.....	13

7.	Los Cables De Fibra Óptica.	15
8.	Interconexión De Equipos Vía Fibra Óptica.	15
8.1	Acopladores.	15
8.2	Conectores.....	16
8.3	Empalmes.	18
9.	Instalación, Cuidado Y Prueba.....	19
9.1	Señales Y Ruido En Las Fibras Ópticas.	23
9.2	Atributos Evaluados En Las Pruebas De Aceptación Para Cableados De Fibra Óptica.	25
9.2.1	Parámetros Estáticos.	26
9.2.2	Parámetros Dinámicos.....	27
9.2.3	Parámetros Mecánicos.	28
10.	Aplicaciones De La Fibra Óptica.	29
11.	Ventajas De La Fibra Óptica.	30
12.	Desventajas de la fibra óptica	31
13.	Conclusiones.....	32

14.	Referencias Bibliográficas.....	33
-----	---------------------------------	----

1. INTRODUCCIÓN.

Actualmente, las computadoras, las redes de datos y como los dispositivos móviles, se han convertido en herramientas y mecanismos de comunicación en muchas áreas del quehacer humano.

No obstante, por debajo de las interfaces de los cómodos sistemas de comunicaciones que se disponen, se encuentra todo un mundo complejo de tecnologías y normas que posibilitan su existencia. Resultan de relevancia fundamental, los llamados **medios de transmisión**, que son los encargados de conducir la información entre los sistemas que se comunican entre sí. De ellos, la fibra óptica es uno de las más importantes, a la fecha.

En este documento se analizan el origen, la estructura, el funcionamiento, las ventajas / desventajas, así como las aplicaciones más relevantes de esta tecnología.

2. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL MEDIO.

Sin duda, todos los tipos de redes que emplean algún tipo de cableado, en la actualidad, apuntan hacia la fibra óptica, en cualquiera de sus aplicaciones prácticas. Llámese FDDI, ATM, o inclusive en redes LAN con el estándar 100BaseF, que emplea un par de fibras ópticas para mover información a lo largo de toda la red **[FORO07]**.

En la actualidad ya existe gran cantidad de redes en todo el mundo que emplean la fibra óptica como un elemento importante dentro de la red, particularmente cubriendo el papel del backbone o medio de transmisión principal, uniendo edificios, oficinas de un campus, poblaciones cercanas, entre otros casos.

Este es el medio de transmisión de datos inmune a las interferencias por excelencia, con seguridad debido a que por su interior dejan de moverse impulsos eléctricos, proclives a los ruidos del entorno que alteren la información. Al conducir luz por su interior, la fibra óptica no es propensa a ningún tipo de interferencia electromagnética o electrostática.

Con respecto a atenuaciones producidas en otros medios de transmisión, la fibra óptica presenta niveles de atenuación realmente bajos que permiten transmitir la señal por varios kilómetros, sin necesidad de regenerarla.

La fibra es un hilo fino de vidrio generalmente o plástico, cuyo grosor puede asemejarse al de un cabello, capaz de conducir la luz por su interior. Generalmente esta luz es de tipo infrarrojo y no es visible al ojo humano. La modulación de esta luz permite transmitir información, tal como lo hacen los medios eléctricos **[STAL04]**.

En las siguientes secciones de este documento, se ampliarán los conceptos previamente establecidos.

3. ORIGEN Y EVOLUCIÓN.

La historia de este medio de transmisión se puede remontar hasta 1880, cuando Alexander Graham Bell realizó los primeros intentos de utilizar la luz como medio de transmisión **[FORO07]**. En aquella ocasión, se trató de utilizar un haz de luz para enviar una información.

Sin embargo, se evidenció que la transmisión de las ondas de luz por la atmósfera de la tierra no es práctica debido a factores como el vapor de agua, oxígeno y partículas en el aire absorben y atenúan las señales en las frecuencias de luz **[CERU03]**.

En 1959, como derivación de los estudios en física enfocados a la óptica, se descubrió una nueva utilización de la luz, a la que se denominó rayo láser, que fue aplicado a las telecomunicaciones con el fin de que los mensajes se transmitieran a velocidades inusitadas y con amplia cobertura.

Sin embargo la aplicación del láser era muy limitada debido a que no existían los conductos y canales adecuados para hacer viajar las ondas lumínicas provocadas por la lluvia de fotones originados en la fuente denominada láser.

Fue entonces cuando los científicos y técnicos especializados en óptica dirigieron sus esfuerzos a la producción de un ducto o canal, conocido hoy como la fibra óptica. En 1966 surgió la propuesta de utilizar una guía óptica para la comunicación.

Esta forma de usar la luz como portadora de información se puede explicar de la siguiente manera: Se trata en realidad de una onda electromagnética de la misma naturaleza que las ondas de radio, con la única diferencia que la longitud de las ondas es del orden de micrómetros en lugar de metros o centímetros.

Años después, en 1977, se instaló un sistema de prueba en Inglaterra; sin embargo, dos años después, ya se producían cantidades importantes de pedidos de este material [NORT06].

4. ESTRUCTURA.

La estructura de la fibra óptica es relativamente sencilla, aunque la mayor complejidad radica en su fabricación.

Consiste en una o varias hebras delgadas de vidrio o de plástico con diámetro de 50 a 125 micras, el revestimiento es la parte que rodea y protege al núcleo.

El conjunto de núcleo y revestimiento está a su vez rodeado por un forro o funda de plástico u otros materiales que lo resguardan contra la humedad, el aplastamiento, los roedores, y otros riesgos del entorno **[FORO07]**.

Dicho de otra forma, la fibra óptica está compuesta, esencialmente, por dos capas, una denominada núcleo (Core) y la otra denominada revestimiento (Clad). La relación de diámetros es de aproximadamente 1 de recubrimiento por 3 de núcleo. Otras capas tales como los forros protectores, variarán de un tipo de fibra a otro. La estructura del cable en mención, se puede apreciar en la siguiente ilustración:

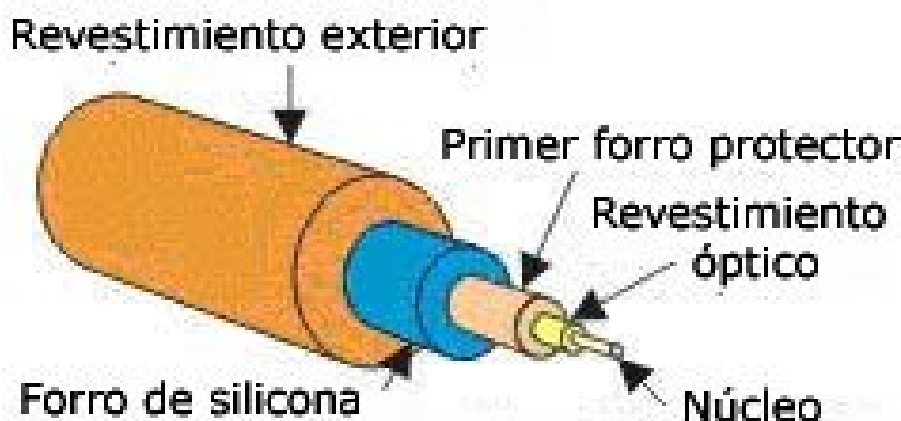


Ilustración 1: Estructura De Un Cable De Fibra Óptica

El extra delgado hilo de vidrio está cubierto por una capa plástica que le brinda la protección necesaria, aunque normalmente un gran conjunto de fibras se unen entre sí para obtener mayor seguridad como se observará un más adelante.

4.1 CONSTITUCIÓN INTERNA.

La mayoría de las fibras ópticas se hacen de arena o sílice, materia prima abundante en comparación con el cobre. Con unos kilogramos de vidrio pueden fabricarse aproximadamente 43 kilómetros de fibra óptica. Los dos

constituyentes esenciales de las fibras ópticas son el núcleo y el revestimiento. El núcleo es la parte más interna de la fibra y es la que guía la luz. Ambos componentes son formas diferentes de vidrio, que se elabora a su vez de los componentes antes mencionados [TANE03].

4.2 PROCESO DE FABRICACIÓN.

Para simplificar la discusión, se considerará el proceso de fabricación de la fibra óptica mono modo[STAL04].

La primera etapa consiste en el ensamblado de un tubo y de una barra de vidrio cilíndrico montados concéntricamente. Se calienta de manera uniforme para asegurar la homogeneidad de la barra de vidrio, tal como se puede apreciar en la siguiente ilustración.

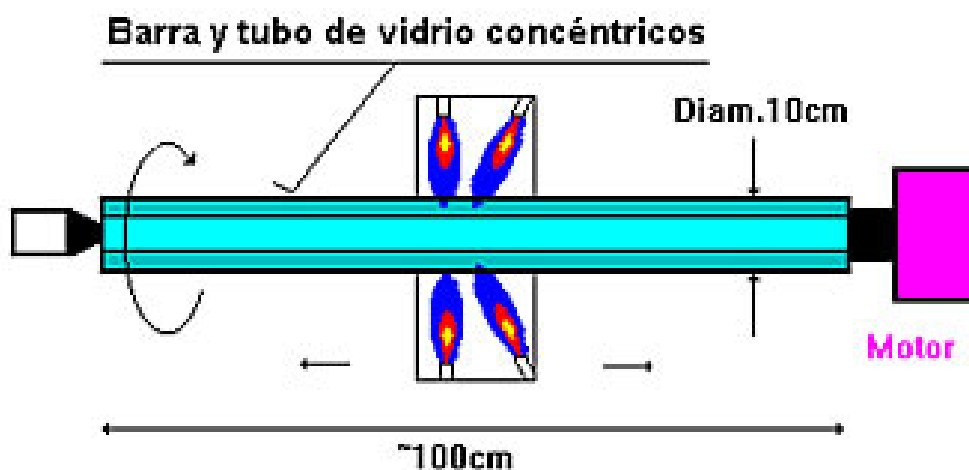


Ilustración 2: Calentamiento Uniforme De La Barra Y El Tubo De Vidrio

De una barra de vidrio de una longitud de 1 m y de un diámetro de 10 cm se puede obtener, por estiramiento, una fibra monomodo de una longitud de alrededor de 150 km.

La barra así obtenida será instalada verticalmente en una torre situada en el primer piso y calentada uniformemente por rampas a gas. La intención de este proceso es que el vidrio se estire en dirección a la planta baja del edificio en donde, a medida que se enfría, se enrolla en una bobina, tal como se puede observar la siguiente ilustración:

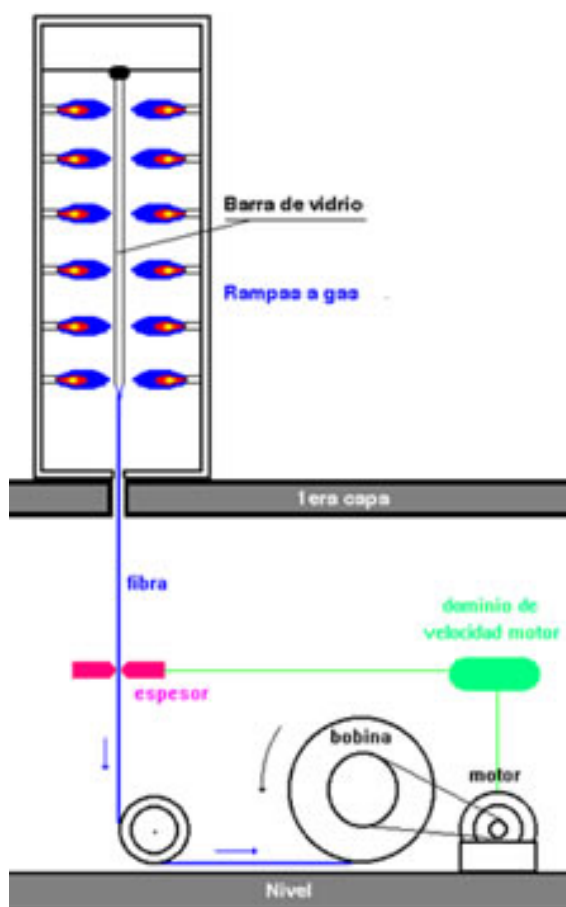


Ilustración 3: Producción De La Hebra Base De La Fibra Óptica

A través de un sistema de control en tiempo real, se controla el espesor de la fibra - alrededor de 10nanometros -, para regular la velocidad del motor que mueve a la bobina donde se enrolla la fibra, a fin de asegurar un diámetro constante del producto acabado. Cada bobina de fibra es objeto de un estricto control de calidad a nivel microscópico.

Posteriormente, el vidrio obtenido se envuelve en un revestimiento especial de protección - de unos 230nanometros - y se ensambla el cable final, con una o más hebras, como se puede observar en la siguiente ilustración.

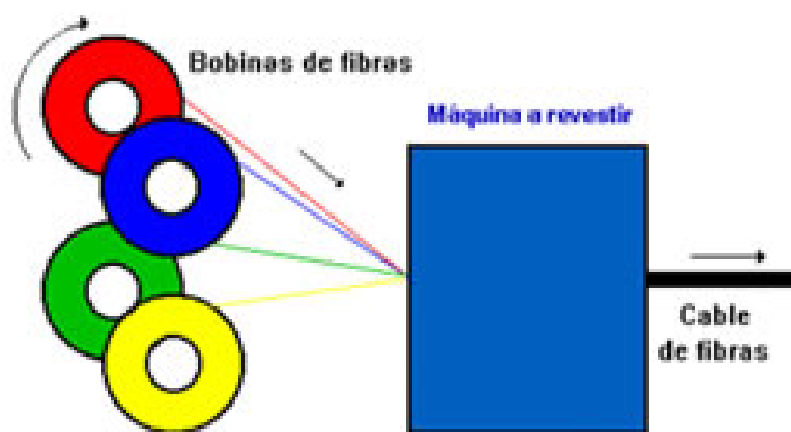


Ilustración 4: Producción Final Del Cable De Fibra Óptica.

5. FUNCIONAMIENTO.

A continuación, se plantearán algunas consideraciones teóricas que fundamentan el funcionamiento interno de los cables de fibra óptica como medio de transmisión de datos.

5.1 TIPO DE LUZ UTILIZADA.

Todas las formas de radiación existentes, se agrupan en el llamado “Espectro Radioeléctrico”. Este arreglo de radiaciones sólo una pequeña parte puede ser apreciada por el ser humano, y es la denominada Luz Visible **[FORO07]**.

A la izquierda de la Luz Visible, los rayos de luz de menor longitud de onda, pero que poseen más energía, son denominados ultravioletas. En el otro extremo, se halla las luces de mayores longitudes de onda, pero que poseen menor energía, a las que se denomina infrarrojas.

Son precisamente las luces que se hallan dentro del espectro correspondiente a los infrarrojos los que se emplean para transmitir información por el interior de las fibras ópticas.

La ilustración que se muestra a continuación, muestra al denominado Espectro Radioeléctrico:



Ilustración 5: Espectro Radioeléctrico

5.1.1 REFLEXIÓN INTERNA TOTAL.

La fibra óptica está compuesta por dos capas de vidrio, cada una con distinto índice de refracción. El índice de refracción del núcleo es mayor que el del revestimiento, por lo que debido esta diferencia de valores, la luz introducida al interior de la fibra se mantiene y propaga a través del núcleo. Se produce, como consecuencia, el efecto denominado de Reflexión Interna Total [CISC02], tal como se observa en la siguiente ilustración:

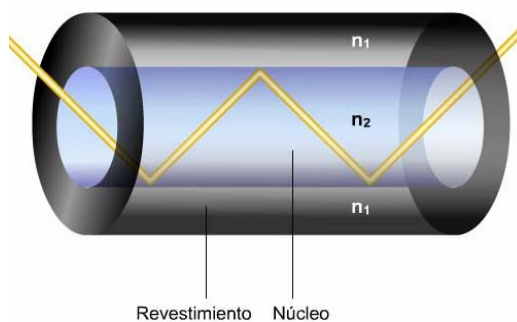


Ilustración 6: Reflexión Interna Total

5.1.2 CONO DE ACEPTACIÓN.

Por otro lado, la luz puede entrar a la fibra óptica, únicamente, si el rayo se halla contenido dentro de un cierto ángulo denominado Cono De Aceptación. Un rayo de luz puede perfectamente no ser transportado por la fibra óptica si no cumple con el requisito del Cono De Aceptación.

El ángulo de apertura que ofrece el Cono De Aceptación está directamente asociado a los materiales con los cuales la fibra óptica ha sido construida. La siguiente ilustración muestra la forma en que actúa el Cono de Aceptación, para conducir los rayos de luz a través del núcleo de la fibra **[CISC02]**:

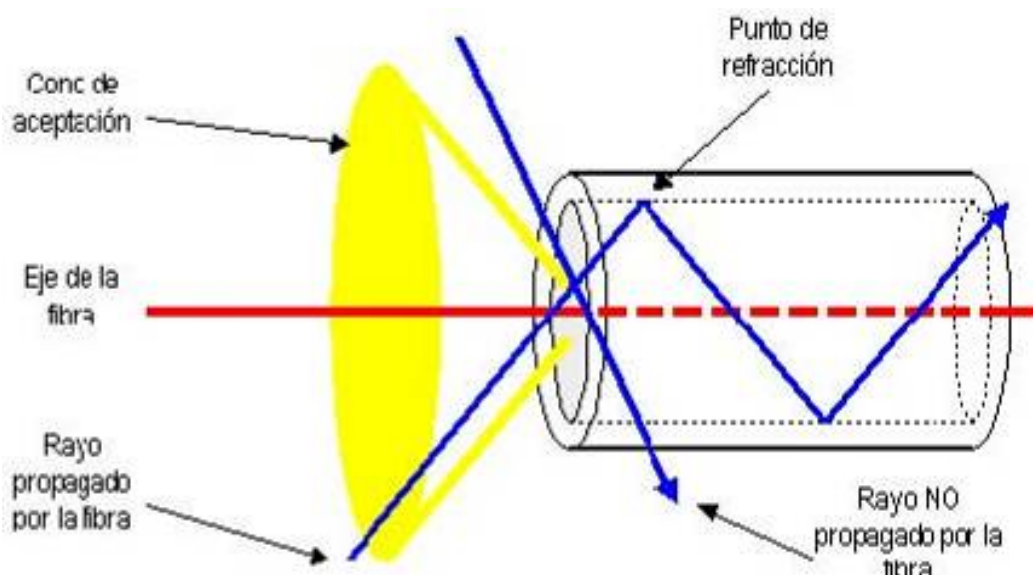


Ilustración 7: Comportamiento Del Cono De Aceptación

6. CLASIFICACIÓN.

Los tipos de fibra óptica se clasifican de acuerdo al modo de propagación que, dentro de ellas, describen los rayos de luz transportados. A saber, se clasifican esencialmente tres categorías **[CISC02]**:

- Monomodo,
- Multimodo.

A continuación, se procederá a analizar cada uno de estos tipos de fibra óptica.

6.1 MONOMODO.

Potencialmente, esta es la fibra que ofrece la mayor capacidad de transporte de información. Tiene ancho de banda del orden de los 100 GHz/km. Los mayores flujos de datos se consiguen con esta fibra, pero también es la más compleja de implantar. La ilustración muestra que sólo pueden ser transmitidos los rayos que tienen una trayectoria que sigue el eje de la fibra, por lo que se ha ganado el nombre de "monomodo" (modo de propagación, o camino del haz luminoso, único). Son fibras que tienen el diámetro del núcleo en el mismo orden de magnitud que la longitud de onda de las señales ópticas que transmiten, es decir, de unos 5 a 8 nanómetros **[CISC02]**.

Las elevadas tasas de transmisión que pueden alcanzar constituyen la principal ventaja de las fibras monomodo, sin embargo, sus pequeñas dimensiones implican un manejo delicado y entrañan dificultades de conexión que aún se dominan mal.

La ilustración que se muestra a continuación, muestra el funcionamiento de este tipo de fibra óptica, así como sus principales características:



Ilustración 8: Estructura Y Características De La Fibra Óptica Monomodo

6.2 MULTIMODO.

Una vez que los rayos han ingresado al núcleo de la fibra, hay un número limitado de recorridos ópticos que puede seguir un rayo de luz a través de la fibra. Estos recorridos ópticos reciben el nombre de modos.

Si el diámetro del núcleo de la fibra es lo suficientemente grande como para permitir varios trayectos que la luz pueda recorrer a lo largo de la fibra, esta fibra recibe el nombre de fibra "multimodo" **[CISC02]**. La ilustración que se muestra a continuación, muestra el funcionamiento de este tipo de fibra óptica, así como sus principales características:



Ilustración 9: Estructura Y Características De La Fibra Óptica Multimodo

Las fibras ópticas de tipo multimodo se clasifican a su vez en:

- Multimodo de índice gradual,
- Multimodo de índice escalonado.

6.2.1 MULTIMODO DE ÍNDICE GRADUAL.

Este tipo de fibra es la que tiene más costo, así como una capacidad realmente amplia de aplicaciones. La tecnología de fabricación de ella es realmente importante.

Las fibras multimodo de índice gradual tienen un ancho de banda que llega hasta los 500MHz por kilómetro. Su principio se basa en que el índice de refracción en el interior del núcleo no es único y decrece cuando se desplaza del núcleo hacia la cubierta. Los rayos luminosos se encuentran enfocados hacia el eje de la fibra, como se puede ver en el dibujo. Estas fibras permiten reducir la dispersión entre los diferentes modos de propagación a través del núcleo de la fibra [FORO07].

La fibra multi modo de índice gradual de tamaño 62,5/125 nano metros (diámetro del núcleo/diámetro de la cubierta) está normalizado, pero se pueden encontrar otros tipos de fibras, tales como: Multi modo de índice escalonado 100/140 nano metros, o la Multi modo de índice de gradiente gradual 50/125 nano metros.

Sus costos son elevados ya que el índice de refracción del núcleo varía, continuamente, de un valor máximo, hacia un valor mínimo en el recubrimiento. Este hecho produce un efecto espiral en todo el rayo introducido en la fibra óptica, ya que la luz se desplaza describiendo una trayectoria helicoidal a medida que va avanzando por el cable. El diagrama que se muestra a continuación, ilustra el comportamiento de la luz en este tipo de fibra.

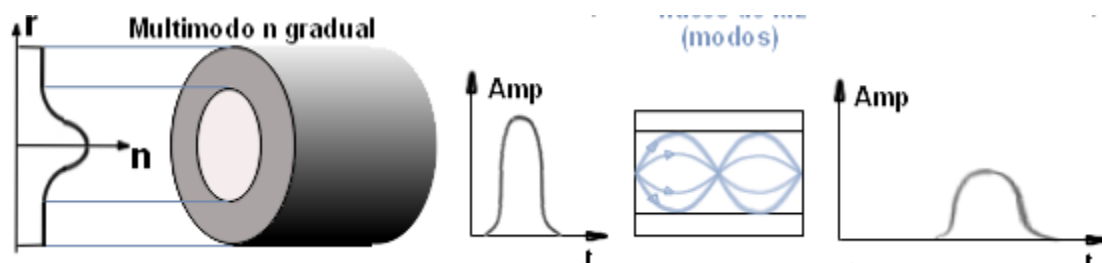


Ilustración 10: Estructura De La Fibra Óptica Multimodo De Índice Gradual

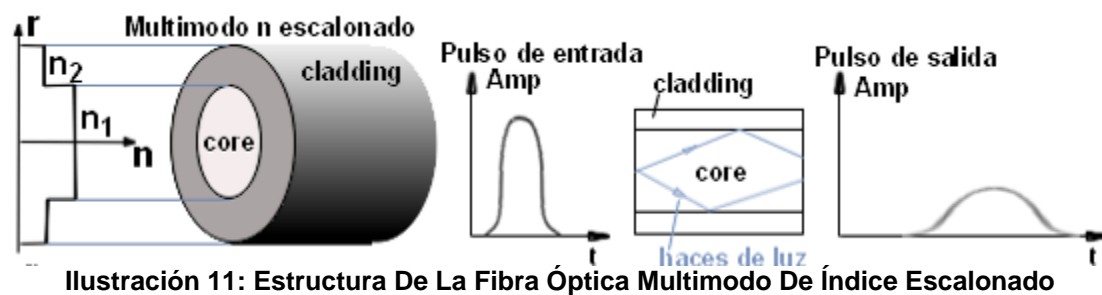
6.2.2 MULTIMODO DE ÍNDICE ESCALONADO.

La producción de las mismas resulta adecuada en cuanto a tecnología y precio se refiere. No tiene una capacidad tan grande como la monomodo, pero su

calidad final es relativamente alta. El índice de refracción del núcleo es uniforme para todo el mismo, en realidad describe de forma general el comportamiento normal de la fibra óptica.

Las fibras multimodo de índice escalonado están fabricadas a base de vidrio, con una atenuación de 30 dB/km, o plástico, con una atenuación de 100 dB/km. Tienen una banda de paso que llega hasta los 40 MHz por kilómetro [STAL04].

En estas fibras, el núcleo está constituido por un material uniforme cuyo índice de refracción es claramente superior al de la cubierta que lo rodea. El paso desde el núcleo hasta la cubierta conlleva por tanto una variación brutal del índice, de ahí su nombre de índice escalonado. El diagrama que se muestra a continuación, ilustra el comportamiento de la luz en este tipo de fibra.



El modo multimodal presenta un inconveniente estructural consistente en que dependiendo del ángulo de incidencia de los rayos dentro de la fibra, estos tomarán caminos diferentes y tardarán más o menos tiempo en llegar al destino, con lo que se puede producir un fenómeno de distorsión de señal (rayos que salen antes que un rayo tomado como referencia, y pueden llegar después del rayo de referencia), con lo que se limita la velocidad de transmisión posible.

7. LOS CABLES DE FIBRA ÓPTICA.

Para manipular la fibra óptica, esta se incorpora dentro de una estructura mayor que asegura su funcionalidad y conservación. Este grupo de varias fibras ópticas es conocido con el nombre de cable óptico.

Un elemento central de tracción con un recubrimiento de polietileno es empleado para evitar tensiones y tracciones que puedan romper una o varias de las fibras contenidas en su interior. Además, las fibras están recubiertas por una cinta helicoidalmente dispuesta, con una vaina exterior que recubre todo el conjunto. En la ilustración que se observa a continuación se pueden apreciar dos tipos de cables ópticos.

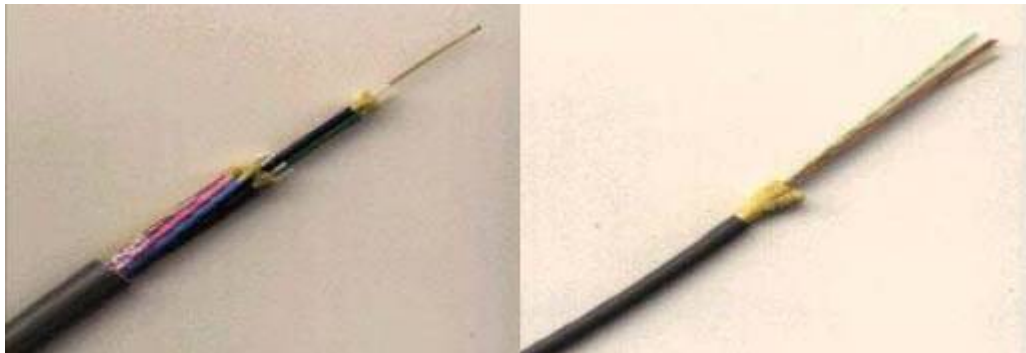


Ilustración 12: Estructura De Los Cables Ópticos

8. INTERCONEXIÓN DE EQUIPOS VÍA FIBRA ÓPTICA.

Los cables de fibra óptica permiten utilizar, esencialmente tres tipos de elemento de interconexión: los acopladores, los conectores y los empalmes.

8.1 ACOPLADORES.

Un acoplador es básicamente un sistema de transición mecánica que permite dar continuidad al paso de luz del extremo conectorizado de un cable de fibra

óptica a otro **[CISC02]**. Son dos tipos de acopladores los que existen: en T y en estrella.

Los acopladores en T permiten distribuir la luz proveniente de una fibra, hacia dos salidas, por lo general una entra a una computadora, y la otra prosigue hacia las siguientes.

Los acopladores en estrella permiten distribuir una sola entrada de información hacia muchas salidas. Estos últimos pueden ser de 3 a 40 puertas. Todo acoplador tiene una pérdida aproximada de 5dB.

El decibel (dB) es la unidad utilizada para medir la cantidad de pérdida de potencia. Mide el porcentaje de potencia que sale del transmisor y realmente llega al receptor.

8.2 CONECTORES.

Cada cable de fibra óptica que se usa en la confección de redes de datos está compuesto de dos fibras de vidrio envueltas en revestimientos separados. Una fibra transporta los datos transmitidos desde un dispositivo "A" a un dispositivo "B". La otra transporta los datos desde el dispositivo "B" hacia el dispositivo "A". Las fibras son similares a dos calles de un solo sentido que corren en sentido opuesto. Esto proporciona una comunicación full-duplex **[CISC02]**.

De manera similar, el par trenzado de cobre utiliza un par de hilos para transmitir y un par de hilos para recibir. Los circuitos de fibra óptica usan una hebra de fibra para transmitir y una para recibir. En general, estos dos cables de fibra se encuentran en un solo revestimiento exterior hasta que llegan al punto en el que se colocan los conectores.

Adicionalmente, La mayoría de los datos que se envían por una LAN se envían en forma de señales eléctricas. Sin embargo, los enlaces de fibra óptica utilizan luz para enviar datos. Hace falta algún elemento para convertir la electricidad en luz y, en el otro extremo de la fibra, para convertir la luz nuevamente en electricidad. Esto significa que se requiere un transmisor y un receptor.

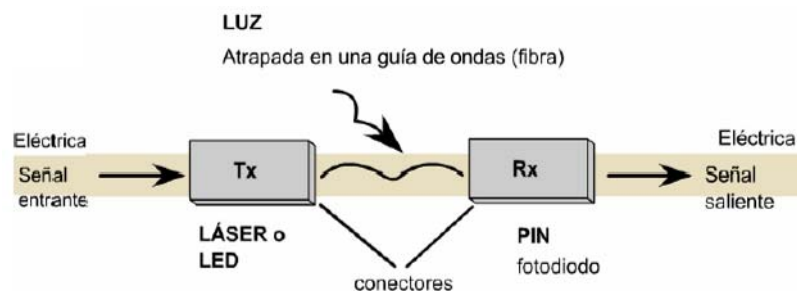


Ilustración 13: Esquema Básico De Los Conectores De Fibra Óptica

En las instalaciones de fibra óptica nuevas, se recomienda utilizar el conector 568SC pues este mantiene la polaridad. La posición correspondiente a los dos conectores del 568SC en su adaptador, se denominan como A y B [CISC02]. Esto ayuda a mantener la polaridad correcta en el sistema de cableado y permite al adaptador a implementar polaridad inversa acertada de pares entre los conectores. Este conector se puede observar en la siguiente ilustración.

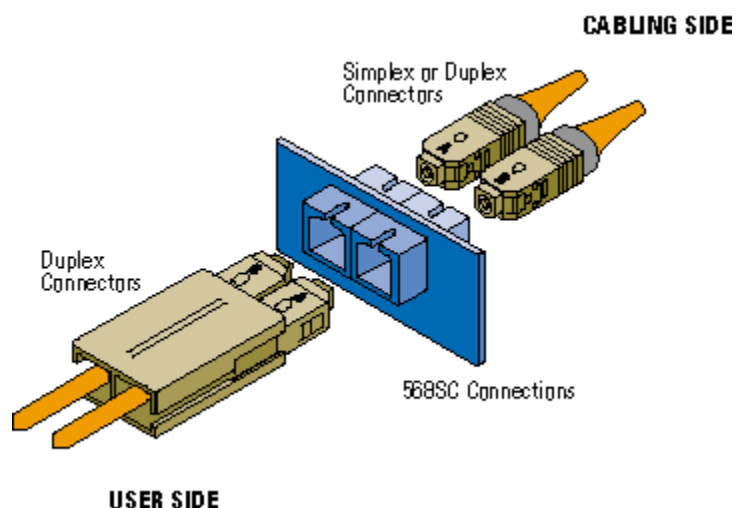
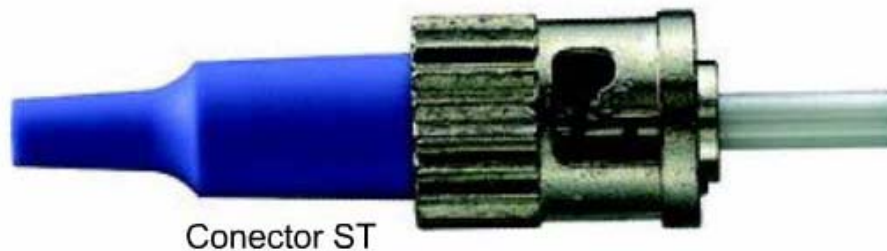


Ilustración 14: Aplicación Del Conector 568CS En Pared Y En Patch Core

Por otro lado, los sistemas de conectores BFOC/2.5 y tipo ST instalados pueden seguir siendo utilizados en plataformas actuales y futuras [CISC02]. El conector ST se puede apreciar en la siguiente ilustración:



Conector ST

Ilustración 15: Conector ST

8.3 EMPALMES.

Son interconexiones permanentes entre fibras. En este caso, los núcleos de las fibras que se unan deben estar perfectamente alineados a fin de que no se produzca ninguna pérdida. Dentro de los empalmes, existen dos formas de los mismos [FORO07]:

- **Empalmes Por Fusión:** en este tipo de unión, las dos fibras ópticas son calentadas hasta obtener el punto de fusión, y ambas quedan unidas por fundición del material que las compone. Este método siempre tiene una ligera pérdida de 0.2dB y se considera el más seguro, aunque más costoso y difícil de realizar, por el equipo especializado que requiere.
- **Empalme Mecánico:** En este tipo de unión, las dos fibras se conectan y se unen con elementos de sujeción mecánicos, con las puntas adecuadamente cortadas, permitiendo el pasaje de la luz de una fibra a otras. La pérdida de información en este segundo caso, es ligeramente mayor al primer caso, de 0.5dB.

9. INSTALACIÓN, CUIDADO Y PRUEBA.

Una de las causas principales de la atenuación excesiva en el cable de fibra óptica es la instalación incorrecta. Si se estira o curva demasiado la fibra, se pueden producir pequeñas fisuras en el núcleo que dispersan los rayos de luz. Al curvar demasiado la fibra se puede cambiar el ángulo de incidencia de los rayos de luz que llegan al límite entre el núcleo y el revestimiento. Entonces, el ángulo de incidencia del rayo será menor que el ángulo crítico para la reflexión interna total. En lugar de reflejarse siguiendo la zona del doblez, parte de los rayos de luz se refractarán en el revestimiento y se perderán **[CISC03]**. Estas situaciones pueden observarse en la siguiente ilustración:

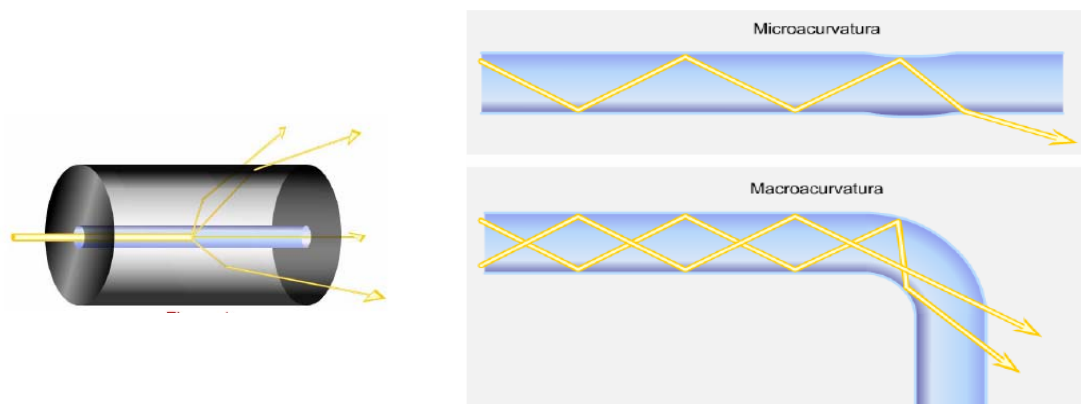


Ilustración 16: Tipos De Distorsiones Que Se Presentan En Los Cables De Fibra Óptica

Para evitar que la curvatura de la fibra sea demasiado pronunciada, generalmente, se introduce la fibra a un tipo de tubo instalado que se llama de interducto. El interducto es mucho más rígido que la fibra y no se puede curvar de forma pronunciada, de modo que la fibra en el interducto tampoco puede curvarse en exceso. El interducto protege la fibra, hace que sea mucho más sencillo el tendido y asegura que no se exceda el radio de la curvatura (límite de curva) de la fibra **[CISC03]**.

Una vez que se ha tendido la fibra, se debe partir (cortar) y pulir adecuadamente los extremos de la fibra para asegurarse de que estén lisos. Se utiliza un microscopio o un instrumento de prueba con una lupa incorporada para examinar el extremo de la fibra y verificar que tenga la forma y pulido correctos. En la ilustración que se observa a continuación, se puede observar la herramienta que se utiliza para confeccionar el empalme de fibra óptica, así como la forma en que se debe utilizar.

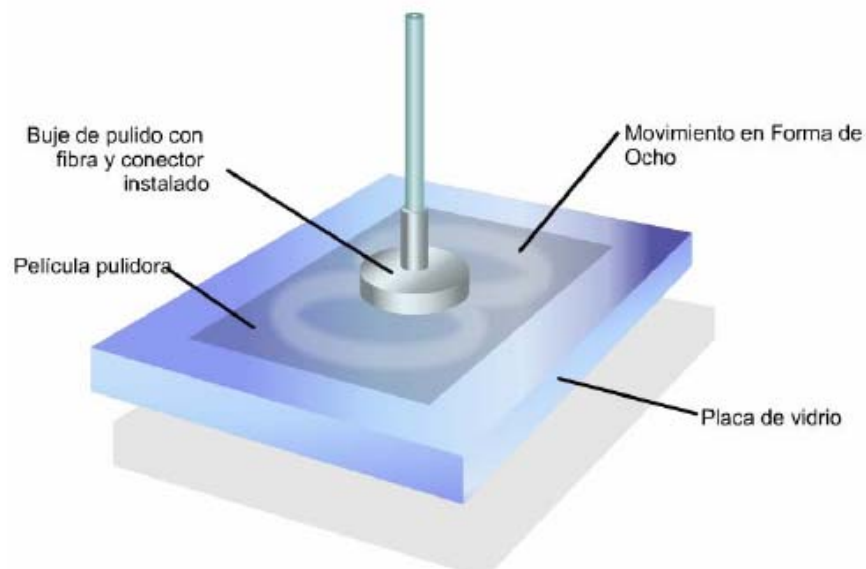


Ilustración 17: Herramientas Utilizadas Para Confeccionar Un Empalme De Fibra Óptica

Entonces, con cuidado, se fija el conector al extremo de la fibra. Los conectores incorrectamente instalados, empalmes no apropiados y el empalme de dos cables de diferentes tamaños de núcleo reducirán drásticamente la fuerza de la señal luminosa **[CISC02]**. En la ilustración que se muestra a continuación, se pueden observar los diagramas de los casos más comunes en que se confeccionan erróneamente los empalmes de fibra óptica.

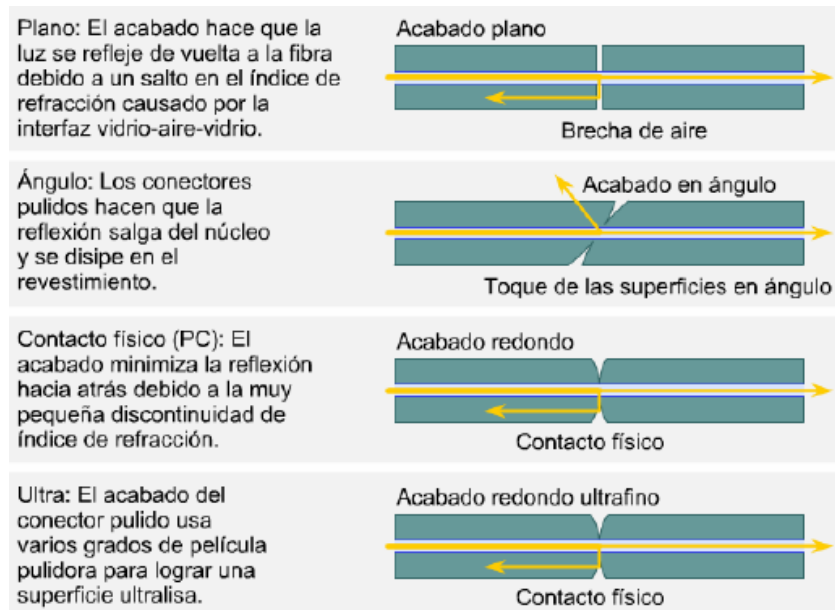


Ilustración 18: Ejemplos De Empalmes De Fibra Óptica Mal Confeccionados

Una vez que el cable de fibra óptica y los conectores han sido instalados, los conectores y los extremos de las fibras deben mantenerse totalmente limpios. Los extremos de las fibras deben cubrirse con cubiertas protectoras para evitar daños [CISC03].

Cuando estas cubiertas son retiradas, antes de conectar la fibra a un puerto en un switch o router, se deben limpiar los extremos de las fibras. Se deben limpiar los extremos de la fibra con paño especial sin pelusa para limpiar lentes, humedecido con alcohol isopropílico puro.

Los puertos de fibra de un switch o router también deben mantenerse cubiertos cuando no se encuentran en uso y limpiarse con paño especial para limpiar lentes y alcohol isopropílico antes de realizar la conexión. La suciedad en los extremos de una fibra disminuirá gravemente la cantidad de luz que llega al receptor.

La dispersión, absorción, difusión, incorrecta instalación y los extremos de fibra sucios son factores que disminuyen la fuerza de la señal luminosa y se conocen como ruido de fibra. Antes de usar un cable de fibra óptica, es importante probarlo para asegurarse de que suficiente luz llegue al receptor para que éste pueda detectar los ceros y los unos en la señal.

Al planear un enlace de fibra óptica, es necesario calcular la pérdida tolerable de la potencia de la señal. Esto se conoce como presupuesto de pérdida del enlace óptico. Piense en un presupuesto financiero mensual. Una vez que todos los gastos son sustraídos del ingreso inicial, debe quedar dinero suficiente para todo el mes **[CISC03]**.

El decibel (dB) es la unidad utilizada para medir la cantidad de pérdida de potencia. Mide el porcentaje de potencia que sale del transmisor y realmente llega al receptor.

Es de suma importancia probar los enlaces de fibra y se deben mantener registros de los resultados de estas pruebas. Se utilizan varios tipos de equipo de prueba para fibra óptica. Dos de los instrumentos más importantes son los Medidores de Pérdida Óptica y los Reflectómetros Ópticos de Dominio de Tiempo (OTDR) **[CISC02]**.

Estos medidores prueban el cable óptico para asegurar que el cable cumpla con los estándares TIA para la fibra. También verifican que la pérdida de potencia del enlace no caiga por debajo del presupuesto de pérdida del enlace óptico. Los OTDR pueden brindar mucha información detallada de diagnóstico sobre el enlace de fibra. Pueden utilizarse para detectar las fallas de un enlace cuando se produce un problema **[CISC02]**.

9.1 SEÑALES Y RUIDO EN LAS FIBRAS ÓPTICAS.

El cable de fibra óptica no se ve afectado por las fuentes de ruido externo que causan problemas en los medios de cobre porque la luz externa no puede ingresar a la fibra salvo en el extremo del transmisor. El manto está cubierto por un material amortiguador y una chaqueta exterior que impide que la luz entre o abandone el cable **[FORO07]**.

Además, la transmisión de la luz en la fibra de un cable no genera interferencia que afecte la transmisión en cualquier otra fibra. Esto significa que la fibra no tiene el problema de diafonía que sí tienen los medios de cobre.

De hecho, la calidad de los enlaces de fibra óptica es tan buena que los estándares recientes para Gigabit y 10 Gigabit Ethernet establecen distancias de transmisión que superan de lejos el tradicional alcance de 2 kilómetros de la Ethernet original. La transmisión por fibra óptica permite que se utilice el protocolo de Ethernet en las Redes de Área Metropolitana (MANs) y en las Redes de Área Amplia (WAN) **[STAL04]**.

Aunque la fibra es el mejor de todos los medios de transmisión a la hora de transportar grandes cantidades de datos a grandes distancias, la fibra también presenta dificultades. Cuando la luz viaja a través de la fibra, se pierde parte de la energía de la luz.

Cuanto mayor es la distancia a la que se envía una señal a través de una fibra, más fuerza pierde la señal. Esta atenuación de la señal se debe a diversos factores implícitos en la naturaleza de la fibra en sí.

El factor más importante es la dispersión. La dispersión de la luz dentro de una fibra es producida por defectos microscópicos en la uniformidad (distorsiones) de

la fibra que reflejan y dispersan parte de la energía de la luz. La absorción es otra causa de pérdida de la energía de la luz. Cuando un rayo de luz choca algunos tipos de impurezas químicas dentro de una fibra, estas impurezas absorben parte de la energía. Esta energía de la luz se convierte en una pequeña cantidad de energía calórica. La absorción hace que la señal luminosa sea un poco más débil **[STAL04]**.

Otro factor que causa atenuación en la señal luminosa son las irregularidades o asperezas de fabricación en el límite entre el núcleo y el revestimiento. Se pierde potencia en la señal luminosa debido a que la reflexión interna total no es perfecta en el área áspera de la fibra. Cualquier imperfección microscópica en el espesor o simetría de la fibra reducirá la reflexión interna total y el revestimiento absorberá parte de la energía de la luz.

La dispersión de un destello de luz también limita las distancias de transmisión de una fibra. Dispersión es el término técnico para la difusión de los pulsos de luz a medida que viajan a través de la fibra, tal como se puede observar en la siguiente ilustración.

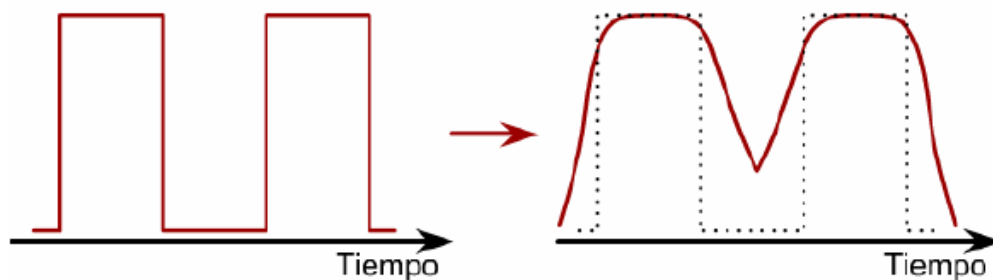


Ilustración 19: Dispersión De La Señal En La Fibra Óptica

La fibra multimodo de índice graduado está diseñada para compensar las diferentes distancias que los distintos modos de luz deben recorrer en un núcleo de gran diámetro. La fibra monomodo no presenta el problema de trayectos

múltiples que una señal luminosa puede recorrer. Sin embargo, la dispersión cromática es una característica de tanto la fibra multimodo como la monomodo **[STAL04]**.

Cuando las longitudes de onda de la luz viajan a través del vidrio a velocidades levemente distintas a las de otras longitudes de onda, se produce la dispersión cromática. Es por eso que un prisma separa las longitudes de onda de la luz. Lo ideal es que la fuente de luz Láser o LED emita luz de una sola frecuencia. Entonces, la dispersión cromática no sería un problema.

Lamentablemente, el láser y, en especial, los LED generan una gama de longitudes de onda de modo que la dispersión cromática limita la distancia hasta que se pueden alcanzar en una fibra. Si se transmite una señal a una distancia demasiado grande, lo que comenzó como un pulso brillante de energía de luz llegará al receptor dispersa, difusa y débil. El receptor no podrá diferenciar un uno de un cero **[FORO07]**.

9.2 ATRIBUTOS EVALUADOS EN LAS PRUEBAS DE ACEPTACIÓN PARA CABLEADOS DE FIBRA ÓPTICA.

Existen varios parámetros que caracterizan a una fibra óptica. Se habla de parámetros estructurales y de transmisión que establecen las condiciones en las que se puede realizar la transmisión de información.

Los diversos parámetros que caracterizan a las fibras ópticas se dividen en **[CISC02]**:

9.2.1 PARÁMETROS ESTÁTICOS.

Son constantes a lo largo de la fibra, dentro de las tolerancias propias de fabricación, y se refieren a las características ópticas y geométricas de la misma.

En ellos, se consideran factores tales como:

- La apertura mecánica,
- El perfil del índice de reflexión,
- El diámetro del núcleo,
- El diámetro del revestimiento,
- La excentricidad,
- La no circularidad del núcleo,
- La no circularidad del revestimiento.

El perfil del índice de refracción, define la ley de variación del mismo en sentido radial, y siendo la velocidad de la luz en cada punto función de dicho índice, dará lugar a diversas velocidades en diferentes puntos.

La apertura numérica, es determinante de la cantidad de luz que puede aceptar una fibra y, en consecuencia, de la energía que puede transportar, no necesariamente ligada a la calidad de la información correspondiente.

Los parámetros geométricos (diámetros y excentricidades) son función de la tecnología usada en la fabricación de las fibras, y las tolerancias correspondientes serán una consecuencia de la misma.

9.2.2 PARÁMETROS DINÁMICOS.

Son características de la fibra que afectan a la progresión de la señal a lo largo de la misma. Estos son:

La atenuación, de la que, aun correspondiendo al mismo concepto que en los conductores metálicos, no cabe hablar del mismo modo que en ellos, por cuanto no depende de la frecuencia de cada una de las componentes espectrales de la señal, sino de la longitud de onda de la luz portadora de la misma.

Los mecanismos que provocan esta atenuación pueden tener su origen en causas intrínsecas a la propia fibra -por lo que se refiere a su constitución física- o en factores externos a la misma, tales como los procesos de fabricación, el envejecimiento, el tendido, etc.

La dispersión temporal, causada por las características dispersivas de la fibra sobre la señal en el transcurso del tiempo, lo que provoca ensanchamiento en el tiempo de los impulsos a medida que progresan en su recorrido y, en consecuencia, deformación de los mismos, acarreando errores que, en definitiva, son los que limitan la velocidad de información o régimen que puede transportar la fibra.

Otros parámetros dinámicos son:

- Ancho de banda.
- Inmunidad a las Interferencias.

9.2.3 PARÁMETROS MECÁNICOS.

A objeto de evaluar el desempeño de un cable óptico frente a las distintas solicitaciones mecánicas, los fabricantes y usuarios de cables ópticos han desarrollado una serie de ensayos que tratan de imitar las condiciones de trabajo a las que se enfrenta el cable durante la instalación y su operación [CISC03]. Entre las más importantes se encuentran las pruebas de:

- **Tensión:** El objeto es verificar el comportamiento del cable para las condiciones de instalación y determinar cual es la máxima tensión a la cual puede ser sometido, sin que se afecten las propiedades de transmisión de la fibra y/o se verifiquen la ruptura.
- **Compresión:** Se efectúa para establecer el comportamiento de un cable óptico cuando se ve sometido a un esfuerzo de compresión. Se busca simular la situación durante la instalación si el cable es aplastado se coloca la muestra del cable entre dos placas metálicas evitando que exista movimientos laterales y se aplica la carga gradualmente hasta que se detecte la rotura y/o variación de atenuación de una fibra.
- **Impacto:** Determina el comportamiento del cable óptico cuando recibe un impacto localizado en un área pequeña, tal como sucede cuando durante la instalación o manipuleo del cable cae sobre éste un objeto como una herramienta. El ensayo se efectúa aplicando una carga hasta verificar la rotura de una fibra.
- **Doblado:** Establece el comportamiento del cable óptico cuando se le somete a sucesivos doblajes, situación presentada normalmente en las maniobras de instalación. El ensayo consiste en plegar alrededor de un mandril de diámetro 20 veces mayor al del cable un numero determinado

de veces, verificando luego que no se haya dañado ninguna fibra ni la vaina del cable.

- **Torsión:** Consiste en verificar el comportamiento del cable al ser sometido a una torsión sobre su propio eje, situación probable también durante la instalación. Para ello se toma una muestra, se la fija por un extremo y luego se la hace rotar 180 grados en los dos sentidos. Finalizada la prueba se verifica que las fibras no estén dañadas.

10. APLICACIONES DE LA FIBRA ÓPTICA.

Existen una amplia gama de aplicaciones para la fibra óptica, entre ellas, se pueden mencionar **[FORO07]**:

- **Medicina:** Posibilitó la invención del endoscopio, que permite iluminar, en cirugías, zonas pequeñas en el interior del cuerpo humano.
- **Industria y Mecánica:** Brindó las mismas posibilidades de iluminación que en la medicina en la construcción de equipos y herramientas para la detección de fallas, como por ejemplo: turbinas, artefactos y maquinarias.
- **Telecomunicaciones:** Aumentó las velocidades y calidad de llamadas telefónicas, Internet y otras formas de conexiones y la conectividad a través de los cables transoceánicos.
- **Decoración:** Se utilizan como adornos variados (árboles de navidad y fuentes de agua).
- **Edificaciones:** Se presentan como alternativas de iluminación lo que permite un consumo bajo de energía.
- **Sensores:** Se utilizan en aplicaciones variadas como en los sensores de temperatura, presión y tensiones y en sismos.

11. VENTAJAS DE LA FIBRA ÓPTICA.

Las redes por fibra óptica son un modelo de red que permite satisfacer las nuevas y crecientes necesidades de capacidad de transmisión y seguridad demandadas por las empresas operadoras de telecomunicación, dentro de un rango económico razonable.

Mediante las nuevas tecnologías, con elementos de red puramente ópticos, se consiguen los objetivos de aumento de capacidad de transmisión y seguridad. Dentro el número de ventajas se pueden mencionar las siguientes [FORO07]:

- **Baja Atenuación:** Esta tecnología de fibra óptica es el medio físico de menor atenuación. Por lo tanto se pueden establecer enlaces directos sin repetidores en un rango entre 100 a 200 km.
- **Gran Ancho De Banda:** Elevada capacidad de transmisión, además pueden irradiarse múltiples ondas ópticas de varias longitudes que se traduce en un mayor rendimiento de los sistemas. 2 fibras ópticas serían capaces de transportar, todas las conversaciones telefónicas de un país, con equipos de transmisión capaces de manejar tal cantidad de información (entre 100 MHz/Km a 10 GHz/Km).
- **Peso Y Tamaño Reducidos:** El diámetro de una fibra óptica es similar al de un cabello humano. Un cable de 64 fibras ópticas, tiene un diámetro total de 15 a 20 mm. y un peso medio de 250 Kg/km. Si comparamos estos valores con los de un cable de 900 pares calibre 0.4 (peso 4,000 Kg/Km y diámetro 40 a 50 mm) se observan ventajas de facilidad y costo de instalación, siendo ventajoso su uso en sistemas de ductos congestionados, cuartos de computadoras o el interior de aviones.

- **Gran Flexibilidad Y Recursos Disponibles:** Los cables de fibra óptica se pueden construir totalmente con materiales dieléctricos, la materia prima utilizada en la fabricación es el dióxido de silicio (SiO_2) que es uno de los recursos más abundantes en la superficie terrestre.
- **Aislamiento Eléctrico Entre Terminales:** Al no existir componentes metálicos (conductores de electricidad) no se producen inducciones de corriente en el cable, por tanto pueden ser instalados en lugares donde existen peligros de cortes eléctricos.
- **Ausencia De Radiación Emitida:** Las fibras ópticas transmiten luz y no emiten radiaciones electromagnéticas que puedan interferir con equipos electrónicos, tampoco se ve afectada por radiaciones emitidas por otros medios, por lo tanto constituyen el medio más seguro para transmitir información de muy alta calidad sin degradación.
- **Costo Y Mantenimiento:** El costo de los cables de fibra óptica y la tecnología asociada con su instalación ha caído drásticamente en los últimos años. Hoy en día, el costo de construcción de una planta de fibra óptica es comparable con una planta de cobre. Además, los costos de mantenimiento de una planta de fibra óptica son muy inferiores a los de una planta de cobre. Sin embargo si el requerimiento de capacidad de información es bajo la fibra óptica puede ser de mayor costo.

12. DESVENTAJAS DE LA FIBRA ÓPTICA

La fibra óptica, al igual que cualquier otra tecnología, tiene límites a sus aplicaciones posibles. Algunas situaciones donde la fibra óptica se aplica con desventaja frente a otras tecnologías alternativas son **[FORO07]**:

- El costo de la fibra sólo se justifica cuando su gran capacidad de ancho de banda y baja atenuación es requerida. Para bajo ancho de banda puede ser una solución mucho más costosa que el conductor de cobre.
- La fibra óptica no transmite energía eléctrica, esto limita su aplicación donde el terminal de recepción debe ser energizado desde una línea eléctrica. La energía debe proveerse por conductores separados.
- Las moléculas de hidrógeno pueden difundirse en las fibras de silicio y producir cambios en la atenuación. El agua corroe la superficie del vidrio y resulta ser el mecanismo más importante para el envejecimiento de la fibra óptica. Incipiente normativa internacional sobre algunos aspectos referentes a los parámetros de los componentes, calidad de la transmisión y pruebas.

13. CONCLUSIONES.

Al finalizar esta exposición acerca de la tecnología de fibra óptica, se pueden exponer las siguientes conclusiones:

- La fibra óptica ha revolucionado al mundo de la información, con aplicaciones, en todos los órdenes de la vida moderna, la sociedad y la cultura. Representa un avance tecnológico altamente efectivo.
- El funcionamiento de la fibra óptica es un proceso óptico elaborado, que involucra procesos diversos que se realizan en dispositivos interconectados que logran que este sistema funcione como medio de transmisión de señales luminosas.
- La fibra óptica ofrece ventajas indiscutibles, tales como su elevada tasa de transferencia, así como su inmunidad al ruido e interferencia, reducida

dimensiones y peso, y sobre todo su compatibilidad con la tecnología digital.

- Por otro lado, posee ciertas desventajas, tales como: el ser accesible solamente para las ciudades donde existan tales instalaciones, así como su elevado costo, la fragilidad de su núcleo y la dificultad para reparar cables de fibras rotos en el campo.
- Actualmente se han modernizado significativamente las características de la fibra óptica, en cuanto a: coberturas más resistentes, mayor protección contra la humedad y un empaquetado de alta densidad.
- Su aplicación principal, en la actualidad, consiste en que la gran mayoría de las redes telecomunicaciones basadas en medios guiados para larga distancia (WAN) – lo que incluye a las conexiones transcontinentales y transoceánicas-, se implementan con esta tecnología.
- Otras de sus aplicaciones esta la implementación de redes de redes de área local (LAN).

14. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- [BLAC90] BLACK, Uyless.** *Redes de Computadoras. Protocolos, Normas e Interfaces.* Macrobit. México. 1990.
- [CERU03] CERUZZI, Paul E.** *A History of Modern Computing.* Second Edition. MIT Press, EUA, 2003.
- [CISC02] CISCO SYSTEMS, INC.** *Guía Del Primer Año.* 2º Edición. Cisco Systems, Inc. España. 2002.

- [CISC03]** **CISCO SYSTEMS, INC.** Suplemento De Cableado Estructurado. Cisco Systems, Inc. España. 2003.
- [COME97]** **COMER, Douglas E.** *Redes De Computadoras, Internet E Interredes.* Prentice Hall. 1997.
- [FORO07]** **FOROUZAN, Behrouz A.** *Data Communications And Networking.* 4º Edition, McGraw-Hill, USA, 2007.
- [NORT06]** **NORTON, Peter.** *Introducción A La Computación.* 6º Edición, McGraw-Hill, México, 2006.
- [STAL04]** **STALLINGS, William.** *Comunicaciones Y Redes De Computadoras.* 7ma edición, Pearson, España, 2004.
- [TANE03]** **TANENBAUM, Andrew S.** *Computer Networks.* 4º edición. Pearson. U.S.A. 2003.