

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA



FABRICACION DE LA FIBRA OPTICA

TESINA

PARA OBTENER EL TITULO DE
ING. EN ELECTRONICA Y COMUNICACIONES

PRESENTA:

VLADIMIR URBINA HERNANDEZ

ASESOR: ING. LEOPOLDO VILLARREAL VILLARREAL

MONTERREY, N. L.

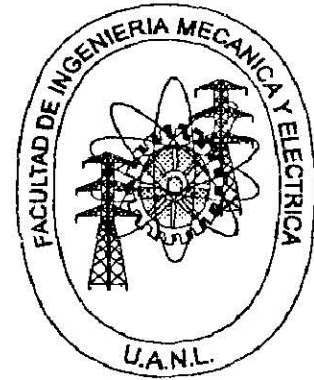
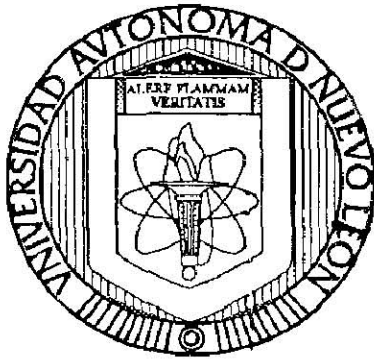
ABRIL DE 1997

T
TK51
.59
V73
C.1



1080082649

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA



FABRICACION DE LA FIBRA OPTICA

TESINA
PARA OBTENER EL TITULO DE :
INGENIERO EN ELECTRONICA Y
COMUNICACION

PRESENTA :
VLADIMIR URBINA HERNANDEZ

ASESOR: ING. LEOPOLDO VILLARREAL
VILLARREAL

MONTERREY, N.L.

ABRIL DE 1997

TK 5103
59
J 735



“A MIS PADRES Y HERMANA.”

SR. ROSALIO URBINA HERNANDEZ.

SRA. MARIA GUADALUPE HERNANDEZ HERNANDEZ.

**QUIERO AGRADECER A MIS PADRES Y A MI HERMANA POR
TODO EL APOYO BRINDADO A LO LARGO DE MIS 24 AÑOS.**

**POR EL ESFUERZO REALIZADO PARA QUE YO PUDIERA
LLEGAR HASTA EL LUGAR EN EL QUE ME ENCUENTRO.**

**ESPERO NO DESAPROVECHAR LA OPORTUNIDAD QUE ME
BRINDARON Y PODERLOS RECOMPENSAR ALGUN DIA.**

GRACIAS Y QUE DIOS LOS BENDIGA.

INDICE

| | |
|---|----------|
| INTRODUCCION | 1 |
| ESTRUCTURA BASICA DE UNA FIBRA OPICA | 2 |
| FABRICACION DE CONDUCTORES DE FIBRA OPTICA | 3 |
| LAS VENTAJAS DE ESTE METODO | 4 |
| FIBRAS DE REVESTIMIENTO DE PLASTICO | 5 |
| REVESTIMIENTOS PROTECTORES | 6 |
| VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA FIBRA OPTICA | 7 |

INTRODUCCION

En mayo de 1854 John Tyndal demostró el principio de la reflexión total interna conduciendo luz en una cascada de agua. observo que los rayos de luz viajando a través del agua (medio ópticamente denso) no escapan hacia el aire (medio ópticamente menos denso) sino hasta que exceden a un ángulo crítico en esencia este principio de guías de onda dialéctica, utilizando tubos construidos de diferentes tipos materiales dialécticos traslúcidos.

La intervención del rayo láser marco la posibilidad de usar luz coherente en guías de onda para transmitir señales de comunicación en los primeros intentos, las perdidas de información eran muy grandes y la principal razón se debía a la impureza de los materiales utilizados. esto fue investigado por charles koo y las fibras conocidas eran del orden de 1000 dB/km.

Cuatro años mas tarde, tres físicos de la corning glass works; Jeck, Maurer y Kapron, eliminaron las impurezas en las fibras al suprimir los vapores dentro del tubo de vidrio que la construye (o constituye) logrando con ello, además, una mayor firmeza en el material al diseñar fibras con atenuaciones hasta de 20 dB/Km.

La atenuación depende de tipo de fibras de que se trate. en general las atenuaciones alcanzadas han llegado hasta 1dB/km. siendo el promedio de dB/km

El vertiginoso avance tecnológico que ha caracterizado a las ultimas décadas del siglo XX, ha propiciado que la óptica clásica se desarrolle bajo un enfoque diferente dando lugar a la fotonica ciencia que realiza el estudio y aplicacion de los fotones o luz.

Las aplicaciones derivadas de esta ciencia han tenido una rápida introducción pudiendo mencionar como buenos ejemplos los láseres.

La holografía y las fibras ópticas. estas ultimas representan uno de los advenimientos mas notables de los últimos años.

Actualmente es posible transmitir información (audio, video, y datos) atrevas de este medio como sustitución de las tradicionales líneas de cobre, conductores de corriente eléctrica.

La luz presente desde siempre utilizada ahora mediante la fibra óptica, como uno de lo mas eficientes métodos de comunicación.

Los fotones viajan atraves de la fibra varios kilómetros con la mas mínima atenuación, por ello nos referimos a la fibra óptica como guías de onda ópticas.

ESTRUCTURA BASICA DE UNA FIBRA OPTICA

La fibra óptica consiste de un cilindro dielectrico interno llamado núcleo rodeado de otro cilindro también dielectrico llamado revestimiento

La diferencia de el núcleo y el revestimiento si el índice de refracción.

El índice de refracción = velocidad de la luz / la velocidad del medio.

TIPOS DE FIBRA

Las fibras ópticas son del modo o de tipo de monomodo y multimodo dependiendo la forma de propagación que presenten.

FIBRAS MONOMODO

Las fibras monomodo tienen un solo modo de propagación que permite que la luz viaje a todo lo largo del núcleo evitando la dispersión modal.

FIBRAS MULTIMODO

Las fibras multimodo pueden ser de índice escalonado y de índice gradual.

FIBRAS MULTIMODO DE INDICE ESCALONADO

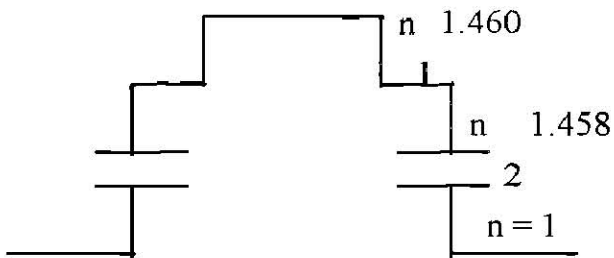
El núcleo de esta fibra esta construido de un índice de refracción constante, el índice de refracción del revestimiento es menor al núcleo con lo que hace frontera.

TIPOS DE FIBRA

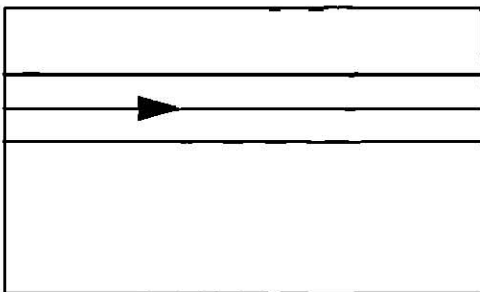
Las fibras ópticas son del tipo monomodo y multimodo, dependiendo la forma de propagación que presenten.

FIBRAS MONOMODO

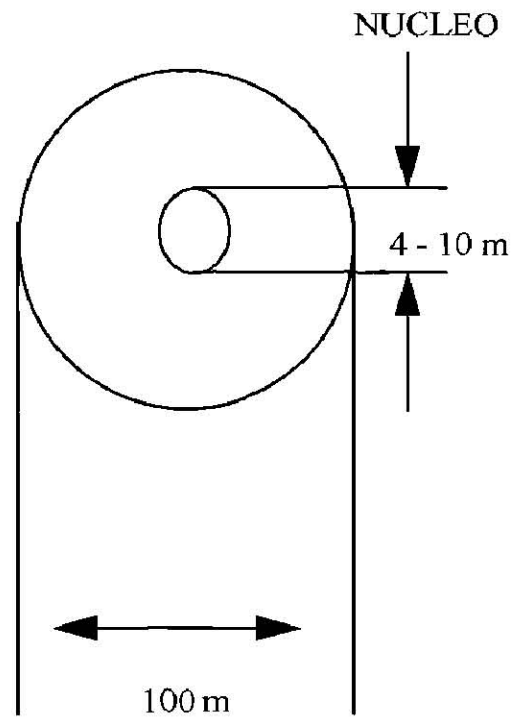
Las fibras monomodo tienen un solo modo de propagación que permite que la luz viaje a todo lo largo del núcleo evitando la dispersión modal.



Trayectoria de los rayos de luz



SECCION TRANSVERSAL REVESTIMIENTO



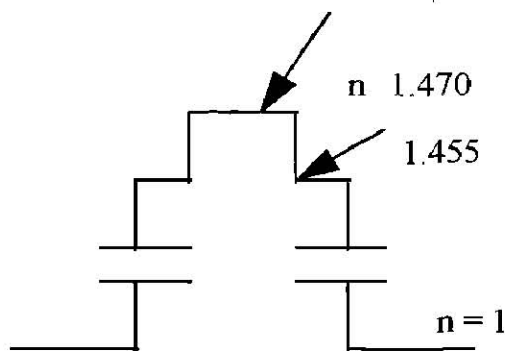
- * Ancho de banda $> 3 \text{ GHz, KM}$
- * Troncales Telefónicas
- * Enlaces Transoceanicos

FIBRAS MULTIMODO

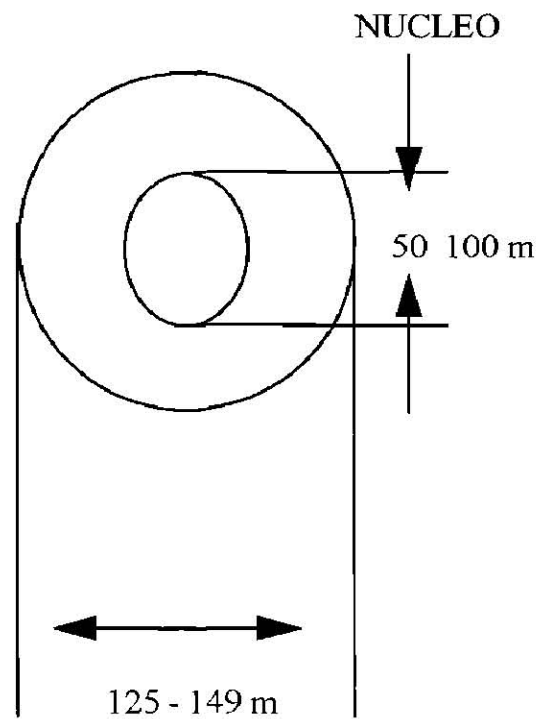
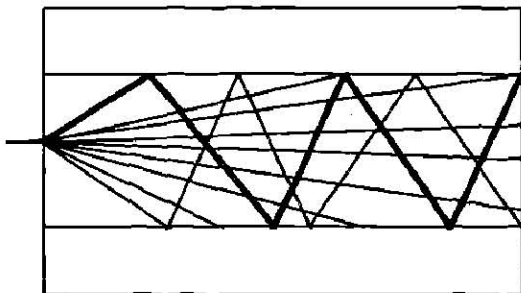
Las fibras multimodo pueden ser de índice escalonado y de índice gradual. propagación que presentan.

FIBRAS MULTIMODO DE INDICE ESCALONADO

El núcleo de esta fibra está construido de un índice de refracción constante, el índice de refracción del revestimiento es menor al del núcleo con lo que hace frontera.



Trayectoria de los rayos de luz



- * 200 MHz, KM
- * Enlaces de Datos
- * Redes Locales

FABRICACION DE CONDUCTORES DE FIBRA OPTICA

Para optimizar en forma metódica las características mecánicas geométricas y ópticas de un conductor de fibra óptica su fabricación se efectúa habitualmente, en procesos de varias etapas.

Además esta forma de fabricación permite una producción en grandes series, rápida y rentable. actualmente, grandes empresas invierten grandes cantidades de dinero para las redes fundamentalmente de telecomunicaciones por cable de fibras ópticas.

En casi todos los procesos actuales se fabrican en primer lugar una preforma (preform). se trata de una varilla de vidrio con núcleo y recubrimiento. observando la sección de la preforma se ve que la misma es una aplicación (ampliación) a escala de las dimensiones geométricas y del perfil de índices de refracción del conductor de fibra óptica que se elabora con la misma. calentando intensamente un extremo, se estira la preforma hasta obtener el conductor de fibra óptica final. simultáneamente se aplica el revestimiento (coating) que hace las veces de cubierta protectora del conductor.

FABRICACION CON METODOS DE DOBLE CRISOL

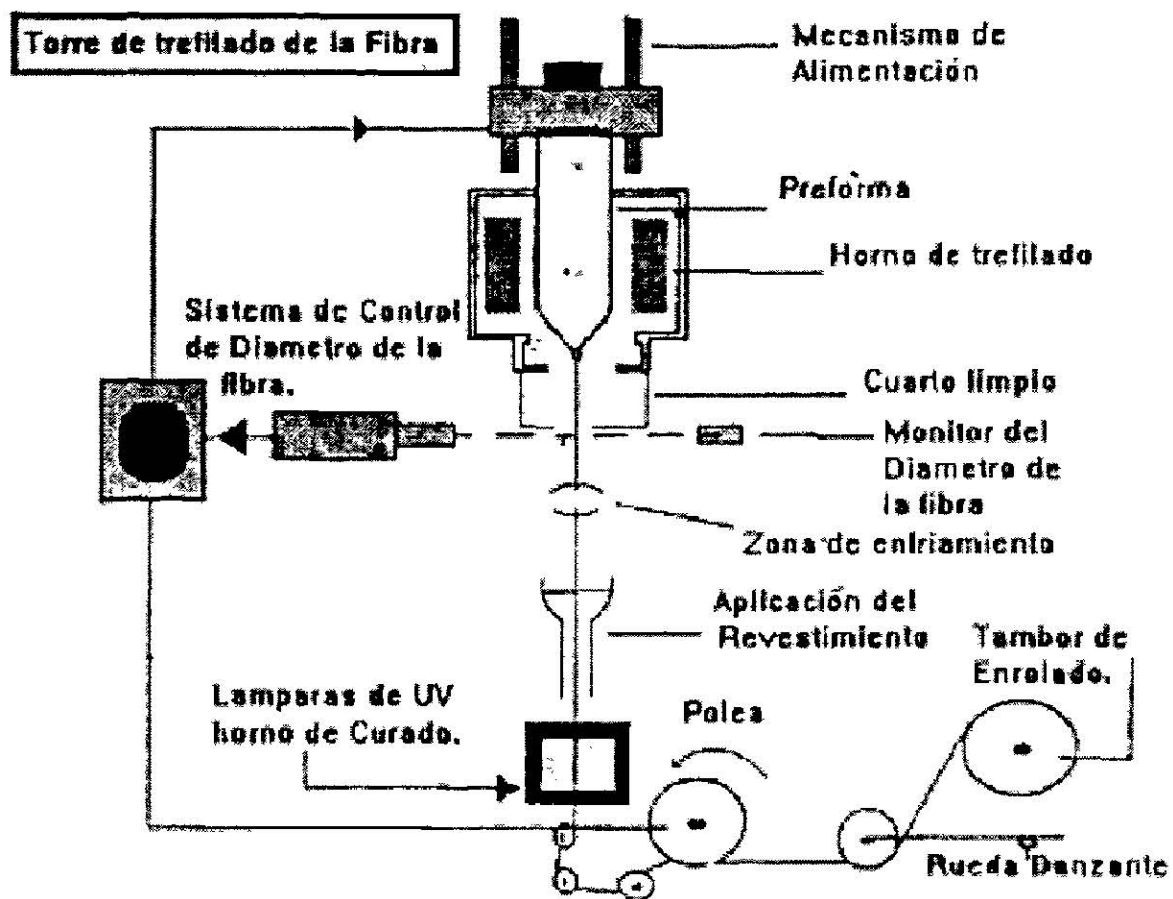
Las técnicas de doble crisol se diferencian de los métodos cvd aun no siendo comparable en cuanto a calidad con los mejores sistemas cvd permite obtener buenos resultados en la preparación de fibras de uso general.

Este procedimiento se basa esencialmente en el uso de dos conductores (contenedores) de fondo cónico cada uno de ellos con un orificio, los dos contenedores están dispuestos concéntricamente el crisol interno contiene el material constructivo del núcleo mientras que la zona intermedia formada entre el crisol interno y el externo contiene material del recubrimiento.

El trefilado de la fibra va precediendo de una preparación adecuado con varios vidrios base adecuadamente purificados, presentando especial atención a los materiales como (hierro, cobre, níquel y cromo).

Los componentes básicos de las mezclas vidriosas son SiO_2 , Na_2O , B_2O_3 , mezclados en una determinada proporción, a esta mezcla básica se añaden posteriormente sustancias donantes que mejora su índice de refracción. a tal objeto se han tomado especiales disposiciones para evitar cualquier forma de contaminación.

El crisol de preparación esta relacionado en sílice sintética, y se calienta por radiofrecuencia. las varillas de vidrio así obtenidas alimentan al doble crisol en el que se funde a temperatura de unos 900 grados celcius.



Metodo de Doble Crisol

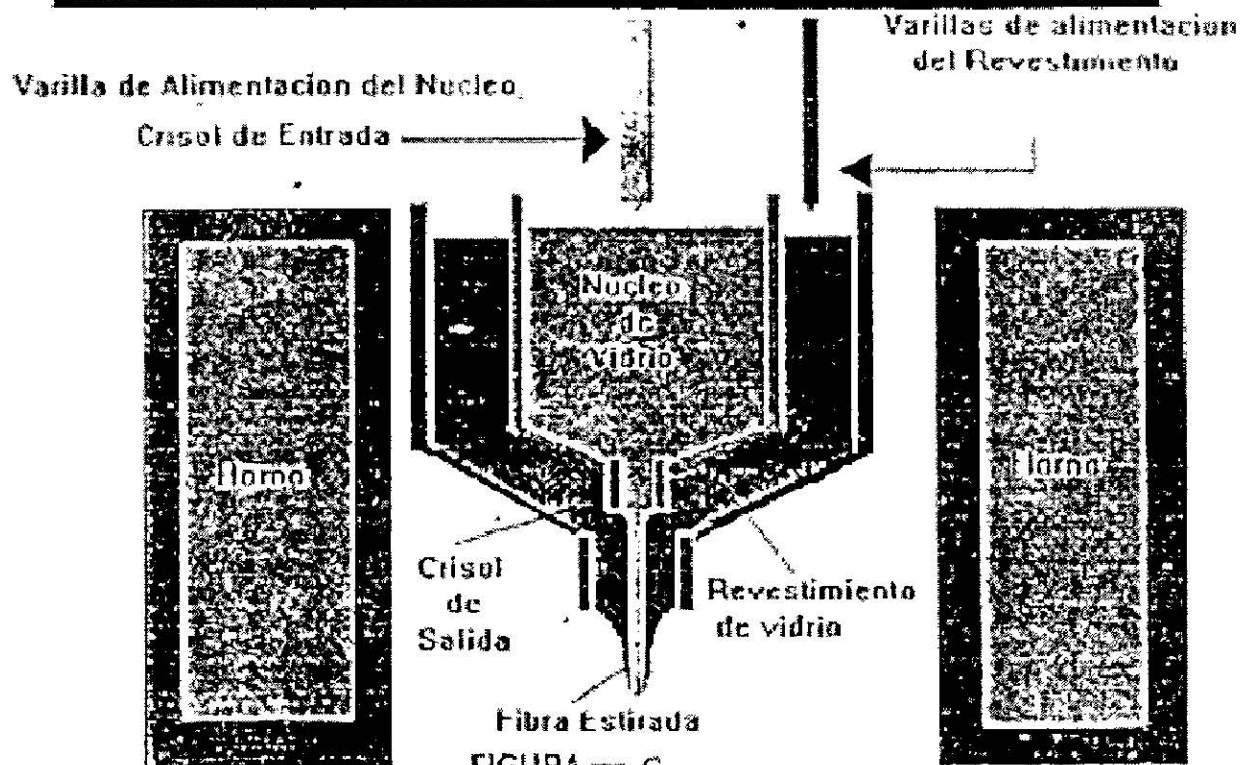


FIGURA — G

Las dimensiones de los orificios de trefilado en esta fase pueden variar entre 0.5 y 3 MM.

Para obtener fibras de índice gradual, se desplaza la boquilla del crisol externo y así, el vidrio del núcleo entra en contacto con el vidrio del revestimiento desde donde se estira la fibra.

En este caso es importante poner especial atención para evitar contaminantes durante el proceso, los cuales surgen principalmente del ambiente del horno y de los propios crisoles.

Por esta razón los crisoles están hechos de platino de alta pureza.

LAS VENTAJAS DE ESTE METODO SON:

- +) Es un proceso continuo y económico con respecto a los demás.
- ++) Para bajas longitudes de onda se tienen altas aberturas numéricas.

Las desventajas de este método son:

-) Se tiene fibras con una alta dispersión.
-) Se tiene una resistencia y una durabilidad magancias menores a los otros métodos.
-) Se tiene mas perdidas por tener baja pureza en la fibra.

ESTIRADO DE LA FIBRA.

Para el estirado de la fibra se coloca a la preforma en el soporte de la torre de estirado (fig.1).

La posición del soporte se puede variar en sentido por medio del dispositivo de avance.

Para pasar al proceso de estirado, se limpia y pule la preforma con el objeto de eliminar defectos superficiales que pudiesen debilitar la fuerza mecánica de la fibra.

Con un elemento calefactor como puede ser un horno de quemadora de hidróxidos, de un láser de Co₂ , de resistencia de grafito o de tungsteno, o de inducción de zR02 (circonia).

Se calienta el extremo inferior de la preforma hasta aprox. 2000 grados c., de tal forma que adquiera la viscosidad adecuada para estirar la fibra hacia abajo, en esta tapa es donde la preforma al fundirse y estirarse se convierte en la fibra definitiva, este libre de contaminantes y con una cantidad mínima de turbulencia térmica.

Después de este procedimiento, las fibras pasan a un ambiente donde se mide su diámetro para tener un control preciso (+/-2%) de horno, a 80 grados Celsius para la etapa de recubrimiento primario.

La velocidad de estirado (200 M/MIN) y de la del dispositivo de avance se deben ajustar exactamente por medio de un circuito de regularización para obtener una fibra cuyo diámetro se mantenga constante en el valor requerido.

Durante la operación de estirado se mantienen constantes las relaciones geométricas del núcleo y el recubrimiento aunque del diámetro de la preforma hasta el de la fibra estirada la reducción puede llegar a una relación de 300 a 1.

Directamente detrás del instrumento utilizado para la verificación del diámetro se aplica en torno de la fibra del revestimiento (coating). la envoltura del plástico protege al conductor de fibra óptica contra microcoverturas, mejora su resistencia y facilita el manejo.

Cuando el revestimiento se ha endurecido por efecto de calor o radiación ultravioleta, el conductor de fibra óptica es sometido al ensayo continuo de resistencia a la tracción, haciendo pasar a la fibra óptica con su revestimiento ajustable con gran precisión. el conductor de fibra óptica debe resistir esta carga mínima antes de ser bobinado en un tambor cilíndrico.

FIBRAS DE REVESTIMIENTO DE PLASTICO

Las fibras de sílice - plástico (fig. 2) representan una alternativa interesante en el cuadro general de las telecomunicaciones a corta distancia (redes locales), por su costo muy reducido y por su diámetro relativamente grande (hasta 1 MM). las fibras ópticas de sílice y plástico sirven también para satisfacer exigencias especiales en la automatización industrial, como son el transporte de señales de on/off, señalización luminosa, etc.

La fabricación de este tipo de fibra se inicia con una varilla de sílice purísima, por ejemplo del tipo de spectoril wf (Thermal Syndicate Ltd) o bien tetrasil (Quartz & Sílice). Esta última compañía ha puesto a punto un método de producción de Sílice que permite obtener un producto especialmente indicado para la fibra óptica.

El procedimiento se inicia con un lingote de sílice, transformado en preformas. Posteriormente se pasa a la fase de estirado para obtener una viscosidad suficiente de material, que garantice una operación correcta de estirado, la cual ha de ser efectuada tomando especiales medidas para evitar microfisuras o degradación de las características ópticas.

Una vez incluida la fase de tetrafilado y enfriada a la fibra, se pasa a la aplicación del recubrimiento plástico. Esta operación se realiza también tomando las medidas adecuadas.

Una vez finalizada esta primer operación , es normal aplicar un segundo revestimiento de plástico con funciones de protección mecánica de la fibra.

REVESTIMIENTOS PROTECTORES

La fibra óptica es un componente relativamente robusto y resistente a la tracción . No obstante , pueden surgir durante las operaciones microfisuras que , además de perjudicar la calidad de transmisión, disminuye la resistencia mecánica, pudiendo llegar a causar en breve tiempo la rotura de la fibra (fig. 3).

Para evitar estos inconvenientes, es necesario proteger la fibra contra choques mecánicos mediante un adecuado revestimiento aplicado en la fase de fabricación.

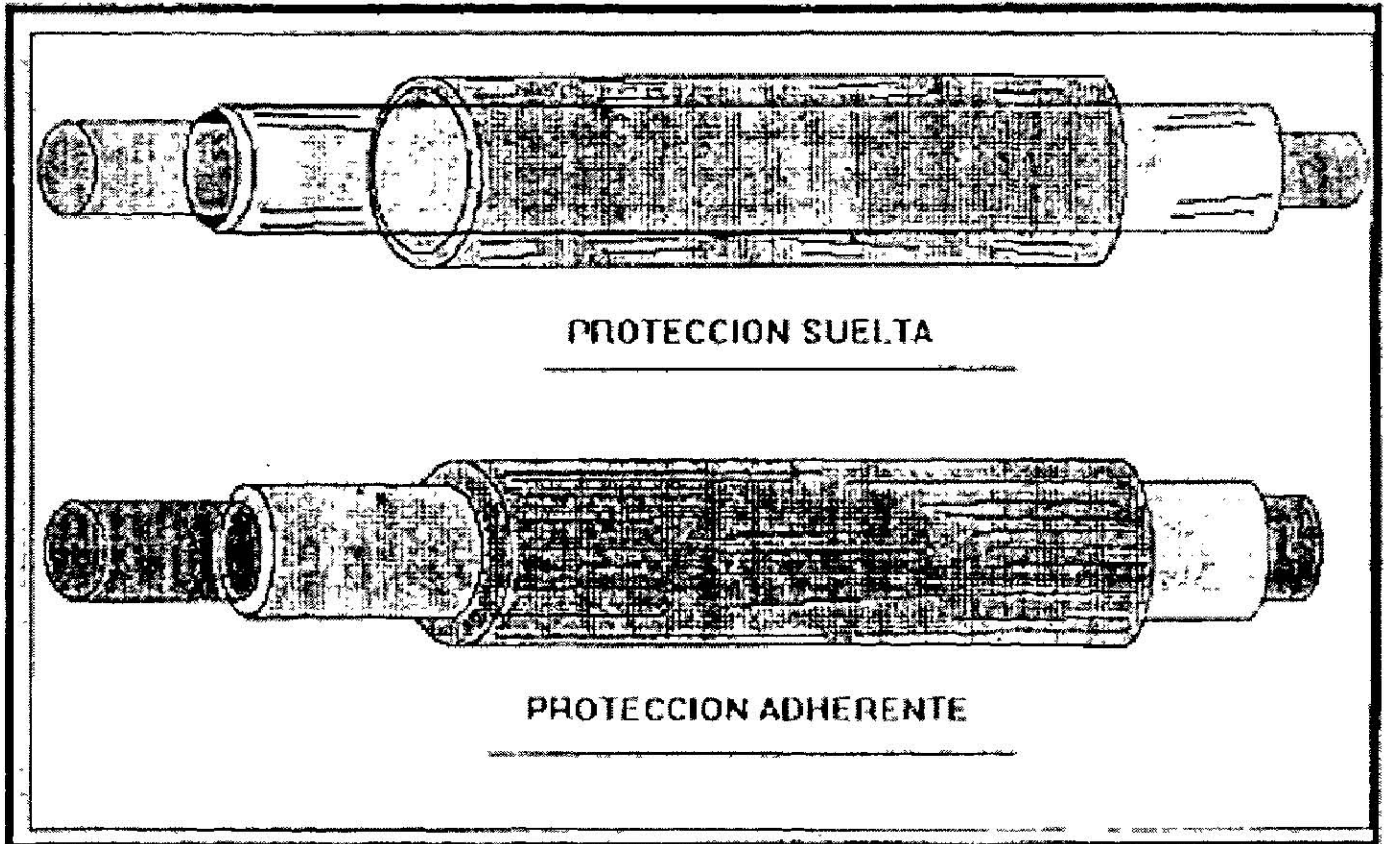
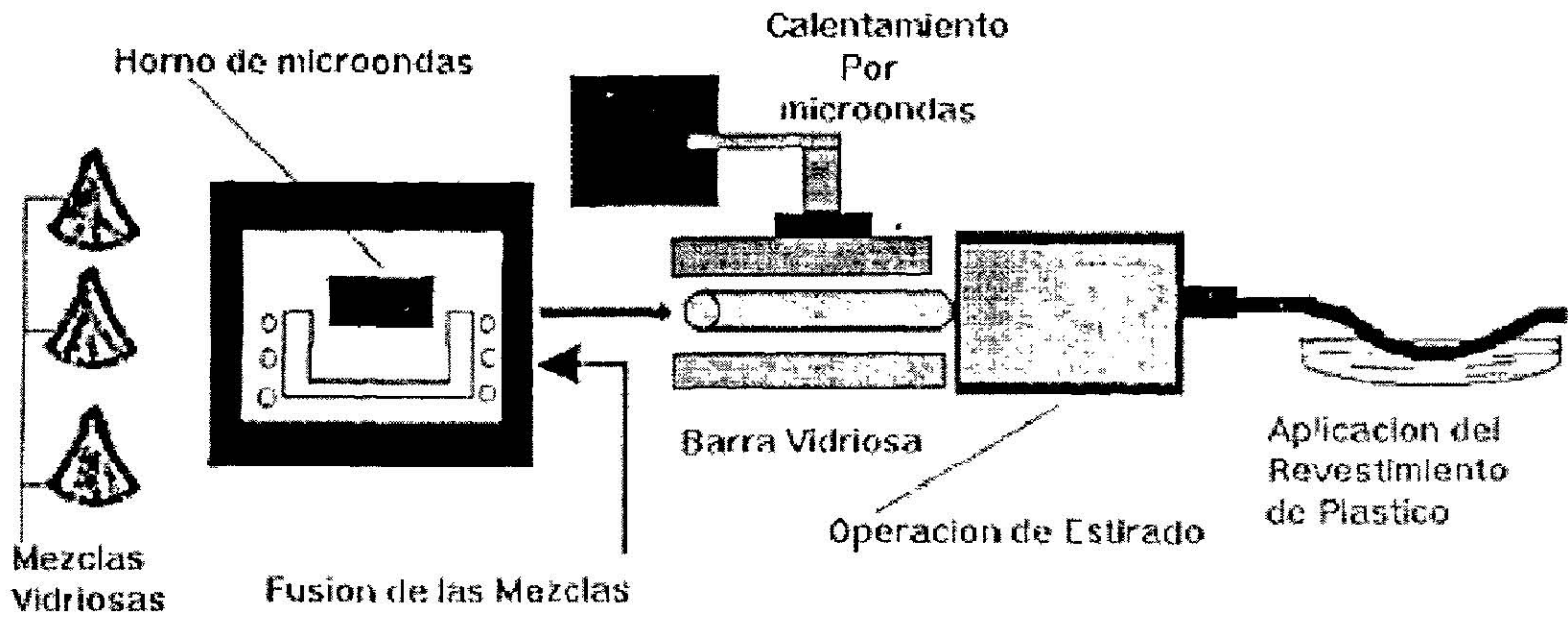
Se distinguen generalmente dos tipos de protecciones de la fibra: Protección suelta y Protección adherente Ambos tipos tienen sus ventajas y sus desventajas.

Entre las ventajas de la protección suelta, hay que solicitar la protección de la fibra contra eventuales sollicitaciones entre más, tanto longitudinales como transversales, ya que la fibra queda introducida en un tubo de material plástico con un diámetro entre 5 y 10 veces superior al de la fibra óptica. La fibra se dispone en el interior de la vaina de forma helicoidal, con lo que resulta bastante definida contra las sollicitaciones mecánicas además en la fase de ensamblado de la vaina al no ser esta solidaria con la fibra no se produce degradación de las prestaciones ópticas.

Las anteriores ventajas están compensadas con algunos inconvenientes como son un importante aumento del diámetro de la fibra dificultades de manipulación (especialmente cuando se han de realizar uniones) y escasa protección de los extremos con posibles infiltraciones de polvo y humedad.

Con la protección adherente la fibra óptica es solidaria del revestimiento resultado en este caso menos protegida contra las sollicitaciones transversales y longitudinales sin embargo el diámetro global es reducido y no se presentan dificultades de manipulación en los extremos estando además la fibra protegida contra la humedad y el polvo.

Preparacion de la Fibra Optica con Revestimiento de Plastico



TIPOS DE PROTECCION DE FIBRAS OPTICAS

APLICACIONES DE LA FIBRA OPTICA

Las aplicaciones de las fibras ópticas las podemos encontrar en diversos campos porque las fibras ópticas ofrecen una forma elegante de combinar voz e imágenes y datos en un solo medio de alta capacidad tales campos de aplicación son los siguientes:

- A) Telecomunicaciones
- B) Computación y Redes
- C) Medicina
- D) Industria
- E) Marítima
- F) Telefonía Digital

VENTAJAS DE LA FIBRA OPTICA

- Las fibras ópticas pueden transmitir grandes volúmenes de información a altas velocidades y permiten la conversación simultánea de un gran número de usuarios.
- Las fibras ópticas son más pequeñas y ligeras que los cables de cobre correspondientes.
- Ayudan a descongestionar los ductos en las ciudades.
- Reducen el volumen y peso de cableado en móviles tales como barcos y aviones.
- No hay electrones libres
- No existen problemas de lazo de tierra o de peligro de shock eléctrico.
- La aplicación ideal en el sector eléctrico no produce arcos o cortos circuitos.
- Tiene alto grado de seguridad en la señal.
- Son insensibles a interferencias de campos electromagnéticos causados por medios externos.
- Permite la propagación a muy altas tensiones sin la intensidad de transformadores que aislen la corriente.
- Mayor confiabilidad al requerir menos repetidores.
- Conforme se desarrolla la técnica de fabricación de fibras ópticas se obtienen atenuaciones cada vez más bajas actualmente orden de 0.4 dB/Km para fibras ópticas de sílicas y se espera que con la fibra óptica a base de silicio se logren atenuaciones aún menores.

DESVENTAJAS

Las desventajas de las fibras ópticas son realmente pocas y se refiere a su manejo y a su tipo de conectores y cajas de empalme utilizados en su instalación ya que para ello se requiere de equipo y personal especializado.

CAPITULO IV

COMUNICACIONES CON FIBRAS OPTICAS

1.- INTRODUCCION

Cada vez que surja la necesidad de transmitir información de un lugar a otro habrá un sistema de comunicación y en los últimos años han surgido muchos sistemas para realizar la tarea. Conforme aparecen los sistemas, evolucionan mejorando cada vez más entre otras características, la velocidad de transmisión fidelidad en la transferencia de información así como el aumento de distancia entre repetidores

La forma más elemental de un sistema de comunicación consta de un transmisor, un medio de comunicación y un receptor. La función del primero es procesar el mensaje a ser transmitido, modificarlo y convertirlo en una señal eléctrica u óptica de forma tal que pueda viajar por el medio de comunicación, el receptor detecta dicha señal, la modifica y convierte recuperando el mensaje original.

En los sistemas eléctricos los datos se transfieren por la superimposición de la señal de información en una onda electromagnética senoidal conocida como portadora. Debido a que con el incremento de la frecuencia de la señal portadora se aumenta el ancho de banda, los sistemas eléctricos de comunicación elevan la frecuencia de su portadora para incrementar la capacidad de información.

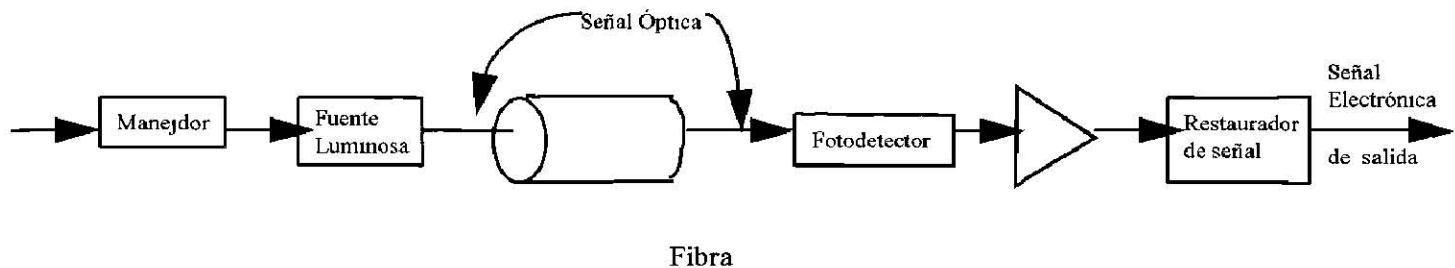
| Designación | Medio de Transmisión | Aplicación |
|-----------------------------|---------------------------|---|
| Ultravioleta | Fibra Óptica Haz Láser | Teléfono |
| Visible | | Datos |
| Infrarrojo | | Vídeo |
| Ondas Milimétricas | | Navegación Satélite - Satélite Tierra - Satélite Radar |
| Super Alta Frecuencia (SHF) | | UHF TV |
| Ultra Alta Frecuencia (UHF) | | Aeronáutica |
| Muy Alta Frecuencia (VHF) | | VHF Y FM |
| Alta Frecuencia (HF) | | Radio Móvil |
| Media Frecuencia (MF) | | Negocios Radio Amateur Banda Civil |
| Baja Frecuencia (LF) | | Radio Difusión AM |
| Muy Baja Frecuencia (VLF) | | Aeronáutica Cable Submarino Radio Transoceánico |
| Audio | | Teléfono Telégrafo |

La razón por lo que las fibras ópticas son inmunes a la interferencia electromagnética, tal como rayos y radiación de equipos en su naturaleza dieléctrica.

2.- ENLACES CON FIBRA OPTICA

2.1 Elementos de un Enlace de Transmisión con Fibra Optica

Una fuente luminosa y la circuitería asociada a ella forman el emisor del sistema, el cable de fibra óptica es el medio y al receptor lo forman un fotodetector.



Elementos Básicos de un Enlace con Fibra Optica

Los cables de fibra óptica pueden ser instalados en forma aérea, sumerina por productos o enterrada directamente en la tierra. La longitud de la instalación varía de cientos de metros a varios kilómetros. Una de las características más importantes de la fibra óptica es su atenuación como función de la longitud de onda, en los inicios de esta tecnología se utilizó solo el rango de 800 a 900 nm debido a que las fibras fabricadas presentaban menor atenuación en esa ventana y solo se contaban con dispositivos que trabajaban a esa longitud de onda. Posteriormente el decremento de iones de hidrógeno y de impurezas metálicas se fabricaron fibras para trabajar en la región de 1100 a 1600 nm.

2.2 Sistemas de Fibras Ópticas

En la primera generación se trabajó solo en enlaces punto a punto con una velocidad de 2 a 50 Megabits por segundo, operando en la región de 810 a 890 nm donde las pérdidas son de 4 a 6 dB por kilómetro lo que permite instalar repetidores cada 5 a 10 km. La segunda generación opera a 1300 nm y tiene pérdidas de 1 dB por kilómetro.

3.- TECNICAS DE TRANSMISION

3.1 - Conceptos Básicos

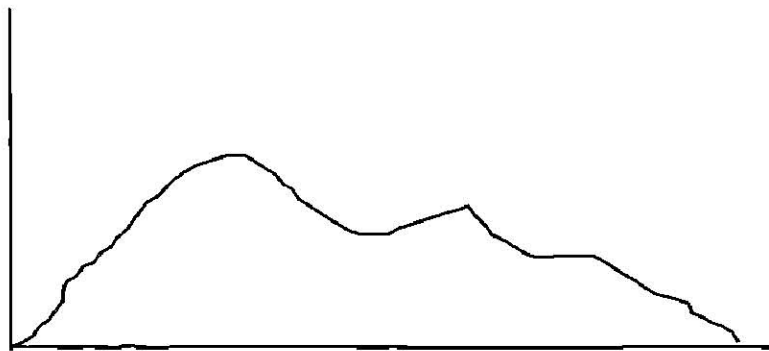
3.2.- Definición de Modulación

La modulación es la alteración análoga de alguna de las características de la señal portadora de acuerdo con el mensaje. La portadora se modifica con la señal de banda de manera que la información transmitida en ella es detectada con facilidad por la terminal receptora.

La complejidad de la señal depende de: 1) El tipo de modulación que se emplee (modulación de la amplitud, ángulo, fase o alguna combinación de ellas) y 2) El número de estados discretos que deba representar (la modulación de datos binarios solo requiere dos).

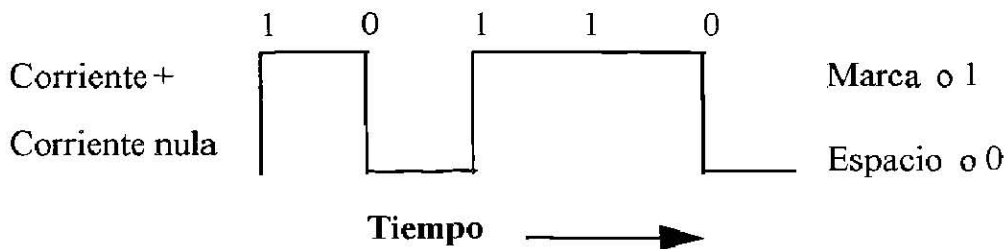
3.1.2 Señales de Banda Base

a) Señales Analógicas. son señales que varían de forma continua respecto al tiempo.

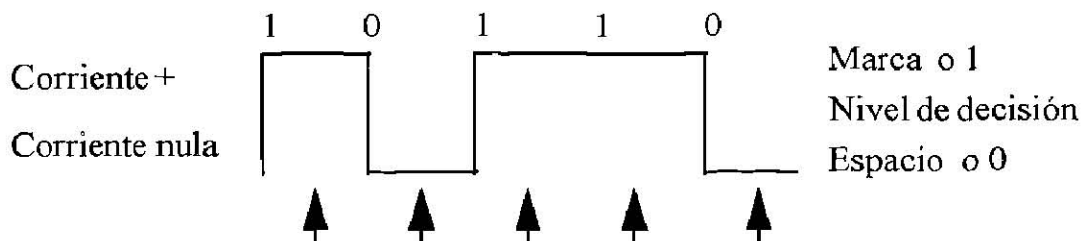


Señal Analógica

b) Señales Digitales son señales que varían en forma discontinua respecto al tiempo, es decir que contienen una cantidad finita de niveles de voltaje. El valor binario de la señal en cualquier instante lo determina su presencia sobre o bajo nivel de decisión llamado nivel de corte.

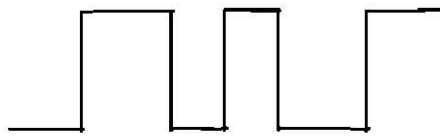


(a)

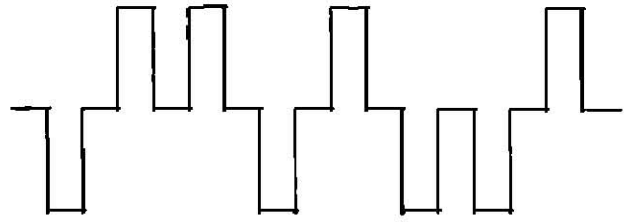


(b)

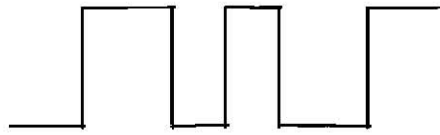
Señales digitales



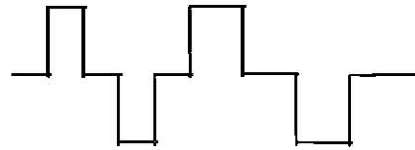
(a) Retorno a espacio cero



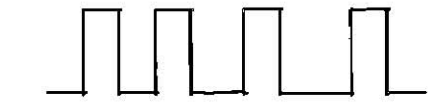
(d) Retorno a cero



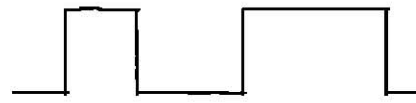
(b) Polar



(e) Bipolar



(c) Retorno a la polarización



(f) Sin retorno a cero

Señales digitales de banda base

3.1.3 Fines de la Modulación

- 1) Facilitar la radiación
- 2) Reducir el ruido y la interferencia
- 3) Asignación de frecuencia
- 4) Para multicanalizar
- 5) Para superar las limitaciones del equipo

3.1.4 Dominio del Tiempo y la Frecuencia

Existen dos frecuencias para representar gráficamente una señal de frecuencia f , de las cuales podría utilizarse: tiempo o frecuencia. En el dominio del tiempo, la amplitud se representa en el eje de las ordenadas y el tiempo en el eje de las abscisas; la frecuencia se indica por el número de ciclos en el tiempo t . En el dominio de la frecuencia la amplitud también se representa en el eje de las ordenadas y la frecuencia misma se indica por una espiga sobre el eje de las abscisas; si la frecuencia aumenta la frecuencia se desplazaría a la derecha.

3.2 Clases de Modulación

3.2.1 Modulación de Ondas Continuas (CW)

En este tipo de modulación un oscilador genera una portadora de frecuencia constante. La portadora se transmite cuando se acciona el manipulador y se interrumpe cuando se le suelta. El ejemplo más claro de este tipo de modulación es el telégrafo.

