

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA



FIBRAS OPTICAS
ESTRUCTURAS

ASESOR

ING. LEOPOLDO R. VILLARREAL J.

PRESENTA

ELIZABETH J. SANTOY AGUIRRE

CD. UNIVERSITARIA, N. L.

ABRIL DE 1996



1080072258

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA



FIBRAS OPTICAS
ESTRUCTURAS

ASESOR

ING. LEOPOLDO R. VILLARREAL J.

PRESENTA

ELIZABETH J. SANTOY AGUIRRE

CD. UNIVERSITARIA, N. L.

ABRIL DE 1996

T
QC44
Q52

FECHA: 9 Dic. /97
DONADO POR: Biblioteca
"Ing. Guadalupe E.
Cedillo Garza
UANL FINE BIBLIOTECA



(72258)

INTRODUCCION.

- * INTRODUCCION.

- * CAPITULO I.
 - LA FIBRA EN CUANTO A SUS PRINCIPIOS DE OPERACION.
 - CONSTRUCCION DE LA FIBRA.
 - ESTRUCTURA DE LAS FIBRAS OPTICAS.

- * CAPITULO II.
 - COMPORTAMIENTO DE LA LUZ EN MEDIOS DE PROPAGACION.
 - INDICE DE REFRACCION DE LOS DIFERENTES MEDIOS DE PROPAGACION.
 - ANGULO CRITICO.
 - APERTURA NUMERICA.
 - ATENUACION.
 - PROPAGACION.

- * CAPITULO III.
 - COMUNICACION POR SISTEMAS DE FIBRA.
 - CONEXIONES.
 - EMPALMES.

- * CONCLUSIONES.

- * BIBLIOGRAFIA.

INTRODUCCION.

Durante años, las Fibras Opticas han sido un sistema para entubar luz alrededor de esquinas, además de lugares inaccesibles, así como dejar que lo escondido sea visible.

Pero ahora las Fibras Opticas han evolucionado a ser un sistema de gran importancia, por lo que ahora en el mundo entero se utilizan para transmitir voz, televisión y señales de datos por ligeras ondas, sobre fibras tan delgadas como un cabello y que puedan ser de vidrio o de plástico.

Como resultado se han empleado grandes inversiones de dólares para poner en operación éstos sistemas de comunicación de onda de luz.

Hoy en día la Fibra Optica, ya no es solo un proyecto de laboratorio, es una tecnología actual.

De hecho, se asegura que ésta tecnología causará una exitante revolución que pueda afectar nuestras vidas, como lo hicieron las computadoras.

La importancia de las comunicaciones por la Fibra Optica es comparada con la de las transmisiones de Microondas y Satélites.

Esta nueva era nos presenta nuevas alternativas, una de ellas, es de que en lugar de haber electrónes moviendose de un lugar a otro sobre cables metálicos transmitiendo las señales deseadas, las ondas de luz son guiadas por pequeñas fibras de vidrio o de plástico para desempeñar el mismo proposito.

El usar la luz como portadora de información tiene varias ventajas sobre señales portadoras de información de Radio Frecuencia, de las ventajas aprovechadas en los sistemas de Fibra Optica, son los mayores anchos de banda y la inmunidad de la interferencia

electromagnética (así podríamos nombrar el fenómeno electromagnético ó pulsos electromagnéticos).

No hay duda en cuanto a que las Fibras Opticas tienen un impacto mayor en la industria electrónica. Cientos de compañías, tanto nuevas como viejas, así como pequeñas y grandes, se encuentran produciendo sistemas de fibra y componentes junto con agencias y servicios militares. Pero hasta la fecha la aplicación plena de la fibra es en la industria de la telefonía.

Las Fibras Opticas nos proporcionan todos los patrones de comunicación que siempre deseamos, proporcionando una capacidad mucho mayor que los circuitos de cobre.

El tener gran capacidad para transmitir datos en redes computacionales, televisión de cable e instrumentación industrial, es la solución a los problemas de comunicación electrónicos.

No sólo se debe de pensar y enfocar las ideas de fabricación de la fibra para éstos sistemas, aún se espera encontrar otros usos cuando el precio de la Fibra Optica disminuya y los componentes más avanzados se perfeccionen.

A causa de las ventajas ofrecidas por la fibra, algunos diseñadores creen que algún nuevo sistema de comunicación que no se encuentre preparado para utilizar Fibra Optica, o que al menos no sea considerado su uso, será obsoleto aún antes de ser construido.

Después de todo quedará a la decisión del técnico, reparar y mantener los sistemas de Fibras Opticas en donde quiera que se utilicen.

Como una perspectiva histórica de las comunicaciones ópticas han sido utilizadas desde tiempos muy remotos, éstas comunicaciones sobre espacio libre incluían el uso de señales luminosas, una forma

antigua de comunicación digital, éste tipo de comunicación es el darnos una idea de transmisión por medio del sistema Morse, éste sistema fue trabajado por Polybius (Grecia).

Las comunicaciones ópticas primitivas eran caracterizadas por porcentajes de baja transmisión de información y por transmisión de espacio libre.

Hubo muy poca mejora en las comunicaciones hasta el siglo XVII, en donde Isac Newton, Robert Boyle y Cristian Huygens entre otros realizaron experimentos para determinar la naturaleza de la luz, de ésto estamos hablando de los años de 1600 y principios de 1700, Newton hace el descubrimiento sobre la dispersión de la luz del sol, la cuál era compuesta por un espectro de colores. No mucho antes de 100 años en 1800 William Herchel descubrió la energía infrarroja en la luz del sol.

En éste mismo período se descubre la primer teoría matemática de las propiedades de onda de la luz ésta es por Augustine Jean Fresnel.

Pero en si las fechas más importantes del crecimiento agigantado de éstos sistemas las notamos en los años 30's y en los 60's, donde en la década de los 30's es desarrollada la mecánica cuántica, en donde se aprecia que la luz, así como los electrones y otras partículas usuales, tienen propiedades particulares, como la velocidad y las propiedades de onda, como longitud y energía.

La patente en comunicaciones ópticas guiadas a través de un vidrio medio transparente fué obtenida por AT&T en 1934, donde en éste año no existían materiales transparentes con atenuación lo suficientemente baja para hacer factible la tecnología. No fue hasta la década de 1960, donde la intervencion del rayo láser marcó

la posibilidad de utilizar luz coherente, en guías de onda para transmitir señales de comunicación. En los primeros intentos, las pérdidas de información eran muy grandes y la principal razón eran las impurezas de los materiales utilizados, ésto fué investigado en 1966 por la standard Telecommunications Laboratories en Inglaterra, cuando las atenuaciones en las fibras conocidas eran del orden de 1000 DB/Km, cuatro años más tarde, tres físicos de la Corning Glass Work, eliminaron las impurezas en las fibras al suprimir los vapores dentro del tubo de vidrio que las constituye, logrando con ello una mayor firmeza en el material, diseñando fibras con atenuaciones hasta de 20 DB/Km.

La atenuación depende del tipo de fibra que se trate, en general, las atenuaciones alcanzadas en los ultimos años han llegado hasta .1 DB/Km, siendo el promedio 1 DB/Km.

CAPITULO I.

- * LA FIBRA EN CUANTO A SUS PRINCIPIOS DE OPERACION.
- * CONSTRUCCION DE LA FIBRA.
- * ESTRUCTURA DE LAS FIBRAS OPTICAS.

LA FIBRA EN CUANTO A SUS PRINCIPIOS DE OPERACION.

La teoría básica de la operación consiste en un sistema o como es más conocido, un enlace de fibra. Las tres partes mayores que efectúan ésta tarea de comunicación son: **Fuente de luz, fibra y detector**, los cuales se definen a continuación.

Fuente de luz, esta puede ser emitida por un diodo emisor de luz o también llamado led, o un diodo semiconductor láser.

Como dispositivos éstos elementos son nombrados fotoemisores, los cuales son transductores de señal eléctrica a señal luminosa.

El principio de operación de los fotoemisores se explica a partir de la física de estado sólido, ya que están contruidos de distintos materiales como Arsenulio de Galio, Indio y Fósforo.

Los fotoemisores utilizados para éstos enlaces de comunicación en cuanto a led's se clasifican en:

- a) Diodo emisor de superficie, el diseño de éste tipo de led se construye con un área de emisión pequeña, éste es de 15 a 100 μw de diámetro, éste led es sumergido en un material semiconductor con el fin de disipar el calor eficientemente en éste tipo de diodo, la radiación es constante en todas direcciones.
- b) Diodo emisor lateral, éste tipo de diodo se utiliza con mucha eficiencia en una fibra con una apertura numérica muy pequeña.

El segundo de los elementos que componen un sistema de Fibra Optica es un filamento de fibra tan corto como 1 metro o tan largo como de 10 Kms.

El elemento en donde termina el enlace de fibra, es el detector o fotodetector en los que al igual que los emisores están fabricados de Arsenulio de Galio, Fósforo y como principal elemento Silicio, éste dispositivo detecta y convierte la señal luminosa que

recibe, en señal electrónica, la cuál se amplifica antes de ser procesada.

El principio de operación de los fotodetectores consiste en un proceso de interacción de la materia en el que el fotón es aniquilado y su energía transformada en calor o corriente eléctrica.

Para su ejecución y compatibilidad de detectores con las fuentes de emisión, éstos deben de tener requisitos similares como:

- *Alta sencibilidad de operación.
- *Alta fidelidad.
- *Tiempo de respuesta corto.
- *Amplitud de respuesta eléctrica a la señal óptica recibida.

Los fotodetectores se clasifican en dos tipos:

- *PIN (Positive Intrinsic Negative).
- *APD (Avalanche Photodiode).

El fotodiodo PIN, se utiliza para permitir la operación en longitudes de onda grandes, en donde la luz penetra más profundamente en el material semiconductor, en cuanto a sus características de operación, es de gran durabilidad, no es muy caro y es ideal para uso rudo.

El fotodiodo APD, es polarizado fuertemente, en donde el campo eléctrico de unión es lo suficientemente grande para acelerar los fotones de carga y adquirir suficiente energía para acelerar los fotones de carga.

Este fotodiodo puede tener una estructura y geometría que maximice la absorción de fotones, sus características de operación consisten en bajo ruido de preamplificación, bastante cara y de mediana durabilidad.

La longitud de onda de operación en los fotones depende también del material a utilizar en la construcción de éstos.

Como ejemplo, se pueden mencionar el Silicio, el cuál permite operar hasta 830 nm, Arseniuro de Galio hasta 1300 nm.

En los sistemas de Fibra Optica son posibles 2 tipos de onda de luz: la digital y la analógica.

En la modulación analógica, la intensidad del rayo de la luz de láser o de el led es continuamente variable.

Esto significa, que la fuente de la luz emite un rayo de intensidad variable.

En cuanto a la modulación digital, contrariamente a la intensidad, es impulsivamente cambiada en un modo de encendido/apagado, aquí la luz parpadea a una velocidad extremadamente rápida.

Esto es en sí un enlace de fibra, pero como segundo elemento importante de éste enlace, nombramos al filamento de fibra.

Claro que es importante mencionar y caracterizar a los emisores y detectores por ser elementos primordiales en cualquier sistema de comunicación. Pero para el medio en el que desarrollamos nuestros diseños de comunicación, es importante caracterizar y detallar aún más a los filamentos de la fibra.

La Fibra Optica es una hebra delgada de plástico o de vidrio transparente que lleva luz visible o radiación invisible (infrarroja). El principio básico de la transmisión de la luz en las Fibras Opticas es descriptivamente simple; la luz es proyectada a un fino filamento de vidrio o de plástico, éste se refleja bajo las paredes internas de la fibra.

Su descripción física consiste en un cilindro central o núcleo rodeado por una capa de material llamada revestimiento en la que su

función principal es reflejar la luz hacia el centro de la fibra atrapándola en el núcleo. El revestimiento a su vez, es cubierto por un forro protector, el cuál protege a la fibra de la humedad y del desgaste.

El núcleo puede estar hecho de vidrio o plástico al igual que el mismo revestimiento según sea el caso del diseño a utilizar para la fabricación de éste. Deben de utilizarse materiales que cumplan con las características mecánicas y ópticas deseadas, el material utilizado debe de poder ser transformado en fibras largas, delgadas y flexibles, que su transparencia sea a una longitud de onda en particular, para que su conducción sea eficiente para la luz, el material que se escoja para el núcleo y para el revestimiento deben de ser compatibles entre sí, pero con pequeñas diferencias en sus índices de refracción, lo que podemos decir es que el vidrio y el plástico son los materiales que mejor satisfacen éstas necesidades.

El vidrio es básicamente Silicie y ocupa el 26% de la corteza de la tierra, en contraste con el cobre que ocupa el .01%. En las fibras de Silicie debe de ser extremadamente puro, de cualquier modo los dopantes son, el Boro, Germanio y el Fósforo, los cuales se añaden para convinar el Índice Refractivo de la fibra.

En cuanto a la fabricación de los núcleos se clasifican en núcleos grandes y altas pérdidas, las cuales son utilizadas en distancias de corta transmisión, los otros núcleos son de alta transparencia, pequeños y bajas pérdidas, éstos son para transmisiones en largas distancias.

En cuanto al revestimiento utilizado para la fabricación de la fibra puede ser de poliestireno o metacrilato de polimetio. En cuanto al forro protector por lo general es de Silicón o Teflón.

Para adquirir o saber que tipo de fibra necesitamos es necesario conocer sus dimensiones. Por lo general las Fibras Ópticas son hechas en longitudes de más de 10 Kms, aclarando que esto es sin empalmes, el diámetro del núcleo y del revestimiento aplicado en su fabricación, determinan las propiedades ópticas y físicas de la fibra.

CONSTRUCCION DE LA FIBRA OPTICA.

Las fibras con núcleo de silicio, por lo general tienen dos técnicas de construcción:

*Proceso de deposición de vapores, éste método es el mismo utilizado para la construcción de semiconductores y de vidrio comercial, es aplicado por la gran calidad de pureza de la Fibra Óptica.

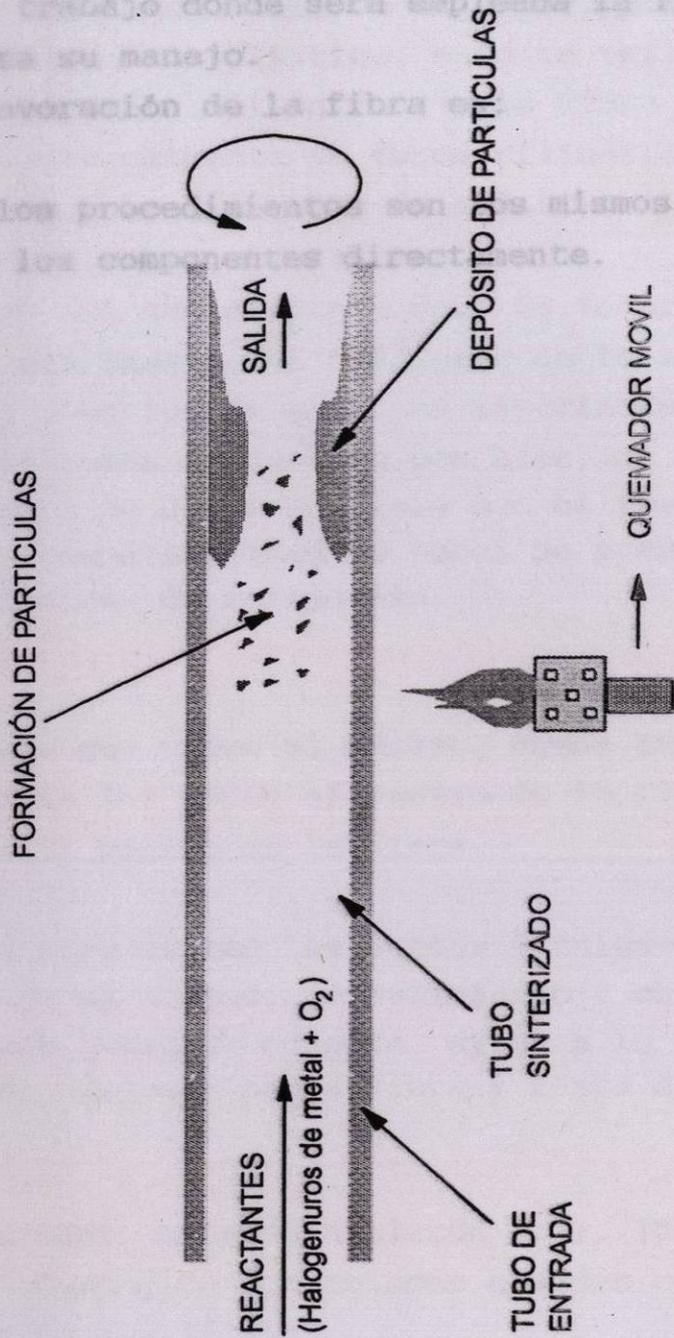
El proceso consiste en tener un tubo de vidrio como elemento base para la deposición de partículas, las partículas están compuestas de elementos como Silicio, Germanio y Fósforo, siendo estos elementos principales para la construcción del núcleo, los dopantes son excitados por elementos como el oxígeno. Las partículas al ir entrando a la base de vidrio van siendo depositadas creando capas sobre la base, ésta va girando para recibir la temperatura del quemador de hidróxido.

Al lograr la fabricación de una preforma, esta pasa por un proceso de trefilado de fibra. Este trefilado consiste en pasar la preforma por un horno de trefilado, el cuál en su salida nos irá dando el diámetro de la fibra, pasando por un cuarto limpio, donde la nueva fibra irá limpiándose de impurezas.

El diámetro siempre está monitoreado por un sistema de control, para luego seguir con una zona de enfriamiento, donde estará lista para la aplicación del revestimiento. Como etapa pre-finalizada de la construcción de una fibra para cierta longitud de onda sin



MÉTODO DE DEPOSICIÓN MODIFICADA DE VAPORES QUÍMICOS



todavía adecuarla al uso de trabajo donde sera empleada la fibra, es estirada y enrollada para su manejo.

El otro método en la elaboración de la fibra es:

*Fusión directa, donde los procedimientos son los mismos para el vidrio comercial, fundir los componentes directamente.

ESTRUCTURA DE LAS FIBRAS OPTICAS.

En cuanto a la operación del funcionamiento de la luz proyectada sobre los filamentos de vidrio ó de plástico, ésta se refleja bajo las paredes internas de la fibra. Al definir a la Fibra optica podemos hablar de filamentos, generalmente en forma cilíndrica, que consiste en núcleos de vidrio y revestimientos de plástico.

En cuanto a la fabricación del núcleo, éste debe de tomarse en cuenta el tipo de material a utilizarse, el cuál debe de tener una transparencia para una cierta longitud de onda, es importante que ésta viaje sin los menores problemas atenuantes posibles, el material utilizado en el núcleo debe de ser compatible con el revestimiento. Para poder contar con compatibilidad se deben de presentar pequeñas diferencias en sus índices de refracción.

El revestimiento es la capa que rodea al núcleo, donde su función principal es reflejar la luz hacia el centro de la fibra, dándole a la luz un viaje por el centro de la fibra.

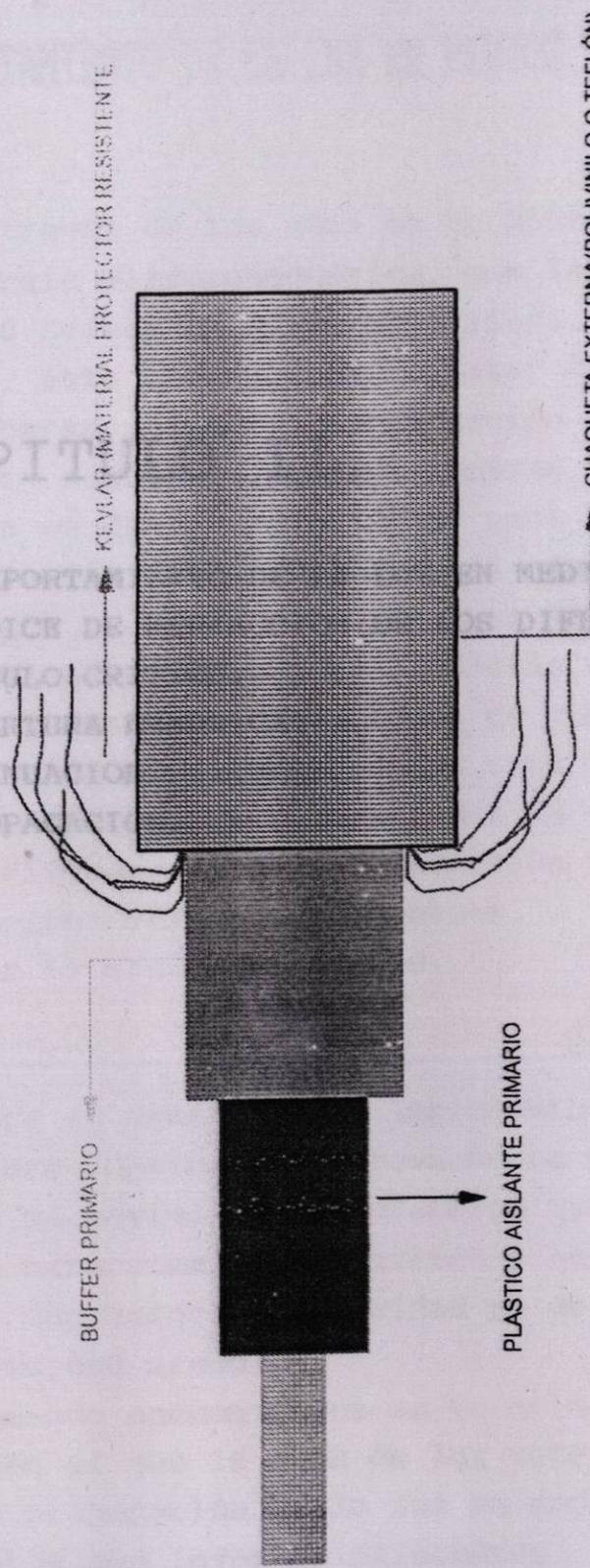
El crear fibras sencillas para distancias cortas ó enlaces pequeños no requiere más que de un núcleo, revestimiento y chaquetas externas; el contar con una chaqueta externa, ayuda a la fibra a protegerla de la humedad, el desgaste en la fibra y hasta del fuego.

El contar con enlaces pequeños, estamos hablando de 1, 10 o hasta 100 mts de enlace, en comparación con enlaces grandes como en redes LANs, los segmentos son de 1 y 10 Kms.

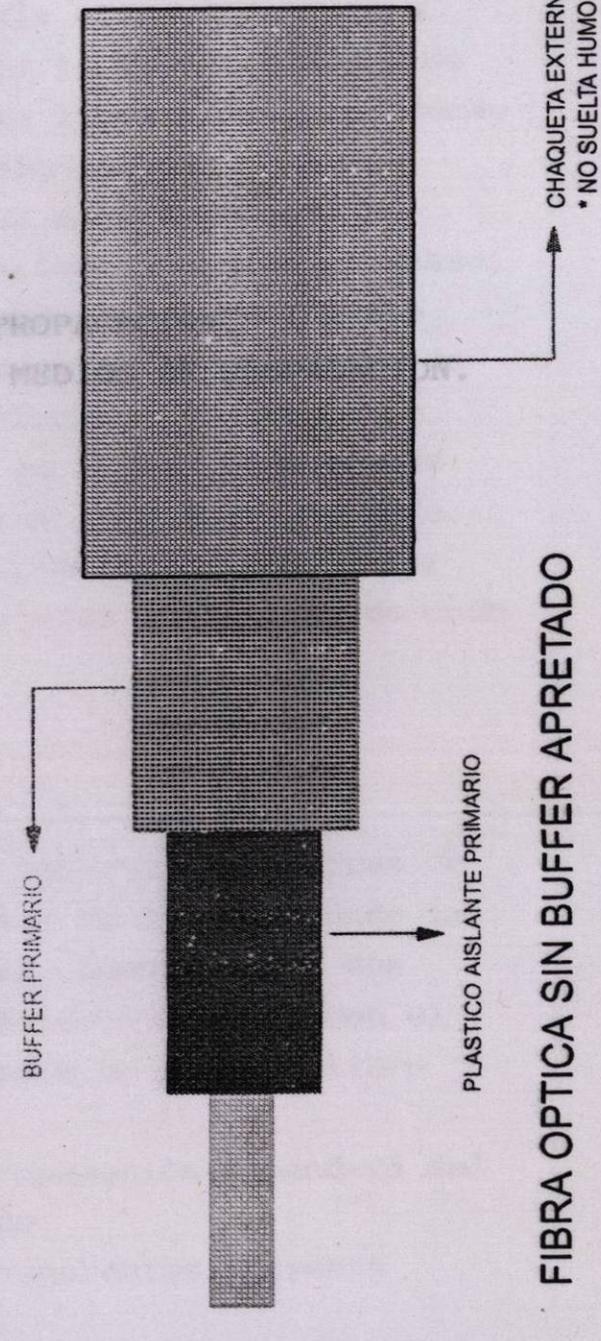
Por lo general los enlaces de Fibra Optica, se tratan de hacer con longitudes exactas de acuerdo a las características de atenuación de las fibras.

Las Fibras Opticas son típicamente hechas en longitudes de más de 32,000 pies sin uniones de segmentos de fibra.

El darnos una idea de lo que consisten los segmentos de fibra en comparación con el vidrio ordinario, el cuál es muy frágil, ésto significa que fácilmente se puede quebrar o estrellar. Pero para las fibras de componentes de Silicio o Cuarzo en contraste con el vidrio ordinario, son sorpresivamente duras, podríamos mencionar tensiones y altas aplicaciones de fuerza que las caracteriza para resistir tracciones duras y estiramientos de 600,000 lb/plg² (fuerzas de tensión).



FIBRA OPTICA CON BUFFER APRETADO



FIBRA OPTICA SIN BUFFER APRETADO

CAPITULO

* COMPORTAMIENTO EN MEDIOS DE PROPAGACION
* INDICE DE REFRACCION EN MEDIOS DIFERENTES MEDIANTE LA LEY DE SNELL
* ANGULO DE REFRACCION
* APLICACIONES
* ATENUACION
* PROPIEDADES

CAPITULO II.

- * COMPORTAMIENTO DE LA LUZ EN MEDIOS DE PROPAGACION.
- * INDICE DE REFRACCION DE LOS DIFERENTES MEDIOS DE PROPAGACION.
- * ANGULO CRITICO.
- * APERTURA NUMERICA.
- * ATENUACION.
- * PROPAGACION.

COMPORTAMIENTO DE LA LUZ EN MEDIOS DE PROPAGACION.

A través de los años se ha podido demostrar sobre las bases de la energía electromagnética, que la luz viaja aproximadamente a 300,000 Km/seg en el espacio libre. En donde la luz al cambiar de estado, ésto indica, que al pasar de espacio libre a material denso ó visebersa ocasiona una reducción de la velocidad de la luz.

Esta reducción de la velocidad de la luz está dado como un ejemplo en donde la luz solar pasa por un prisma de material denso, donde la luz solar proviene del espacio libre con cierto ángulo incidente, y al entrar al prisma dá como resultado el fenomeno de Refracción en la luz. La reducción de la velocidad es diferente para las distintas longitudes de onda, por lo tanto, el grado de inclinación es diferente para cada una de las longitudes de onda.

Esta variación la mostramos en el arcoiris, donde cada color tiene diferente ángulo y dirección representando longitudes de onda y espectros visibles diferentes.

Ver la siguiente figura.

Para el desarrollo e implementación de las características de las Fibras Opticas, se apovechó la naturaleza de la luz, donde la luz es un movimiento ondulatorio transversal, compuesto de dos campos naturales, un eléctrico y otro magnético, variando con el tiempo con valor de velocidad ya asignado para un espacio libre (300,000,000 m/seg).

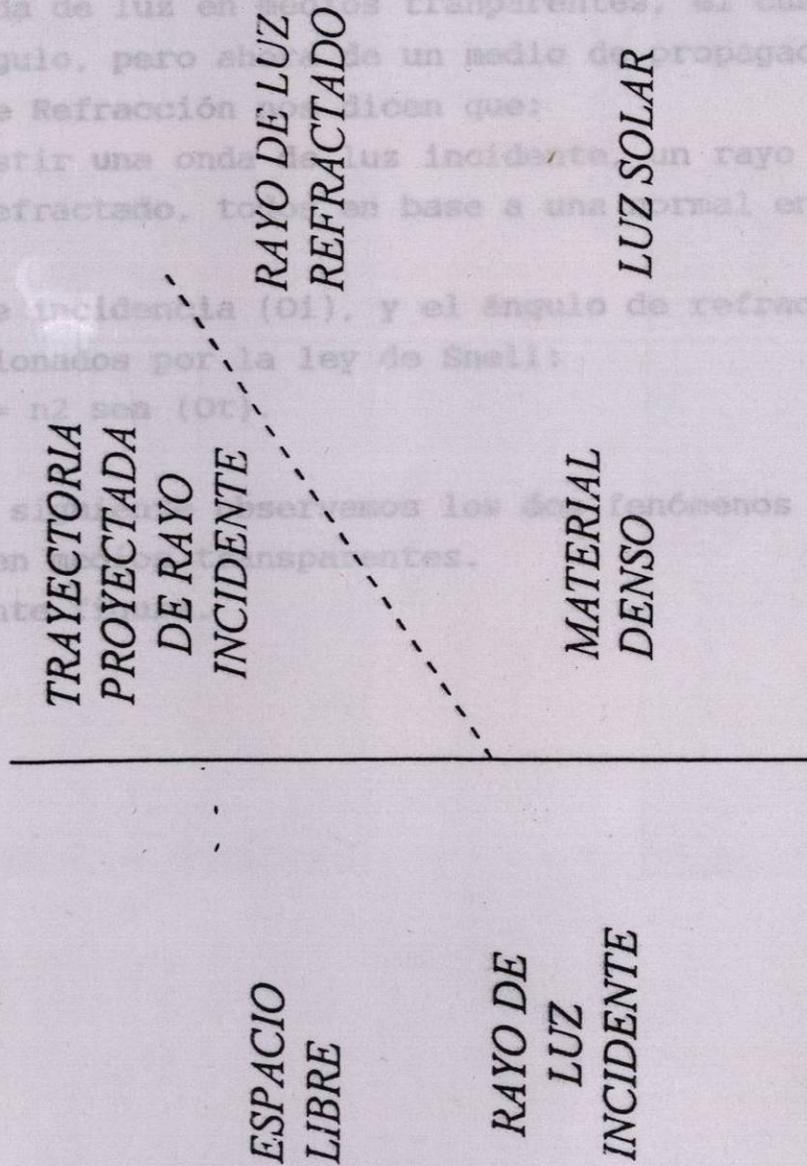
Tomando cuenta que su velocidad de propagación dependerá del medio en el que la onda de luz esté viajando.

La propagación de la luz en medios transparentes presenta fenómenos con leyes ya existentes.

El fenomeno de Reflexión, está denominado como el cambio de dirección de una onda de luz que incide sobre un medio reflector.



REFRACCIÓN DE LUZ



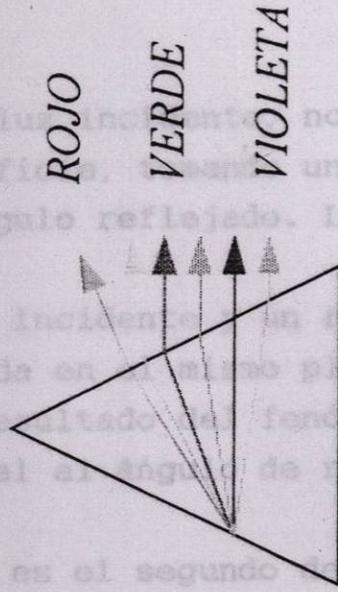
ESPACIO LIBRE

RAYO DE LUZ INCIDENTE

TRAYECTORIA PROYECTADA DE RAYO INCIDENTE

RAYO DE LUZ REFRACTADO

MATERIAL DENSO



LUZ SOLAR

LUZ REFRACTADA HACIA UNA INTERFASE

SEPARACIÓN DEL ESPECTRO DE LUZ BLANCA POR REFRACCIÓN PRISMÁTICA

El hablar de una onda de luz incidente, nos referimos al rayo de luz que choca en una superficie, tomando una nueva dirección y ángulo, el cuál es llamado ángulo reflejado. La ley de reflexión nos dice:

- a) Debe de existir un rayo incidente y un rayo reflejado, en base a una normal, basada en el mismo plano.
- b) Se debe de tener como resultado del fenómeno que el ángulo de incidencia (O_i) sea igual al ángulo de reflexión (O_r).

El fenómeno de Reflexión, es el segundo de los fenómenos que experimenta la onda de luz en medios transparentes, el cuál cambia de dirección y ángulo, pero ahora de un medio de propagación a otro. Las Leyes de Refracción nos dicen que:

- a) Debe de existir una onda de luz incidente, un rayo reflejado y un rayo refractado, todos en base a una normal en el mismo plano.
- b) El ángulo de incidencia (O_i), y el ángulo de refracción (O_t), están relacionados por la ley de Snell:
$$n_1 \sin(O_i) = n_2 \sin(O_t).$$

En el ejemplo siguiente observamos los dos fenómenos de propagación de la luz en medios transparentes.

Ver la siguiente figura.

El actual ángulo de incidencia para una interfaz...
 Índice de refracción...
 Índice de refracción...
 expresa como la velocidad...
 velocidad de la luz...
 $N=C/V$.

Aunque "N" está...
 sobre muchas otras...
 ignorarla en algunos...

Se puede...
 típicos recom...
 ción necesari...
 propagación.

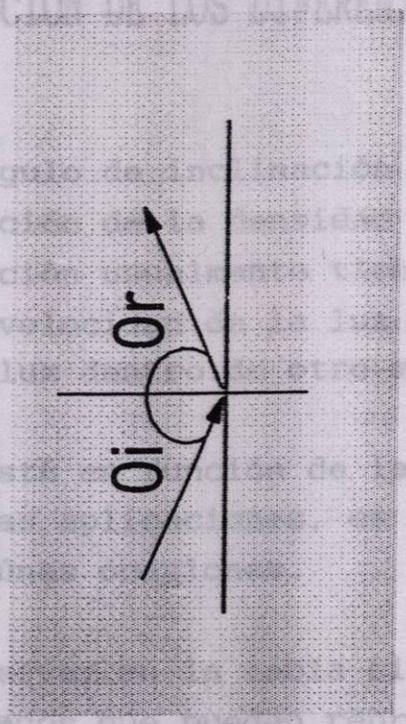
Ver la si...
 Conociendo l...
 zar y los fenó...
 hacer un anális...
 Optica. Para eso...

ANGULO CRITICO.

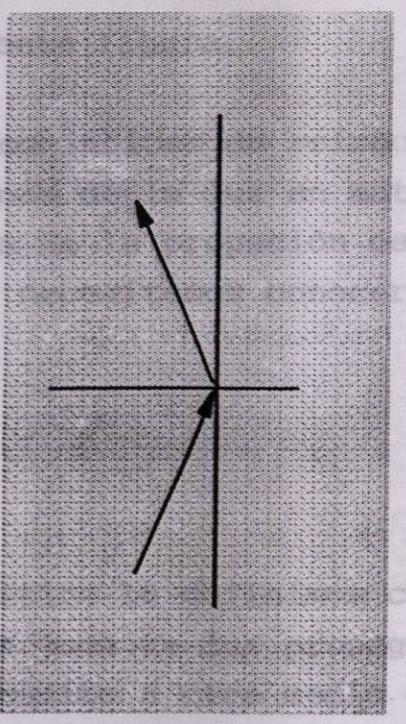
El ángulo cr...
 tente para que l...
 fibra, no se tre...
 onda de luz en particular.

El ángulo crítico nace de una ecuación de la ley de Snell. El

REFLEXIÓN

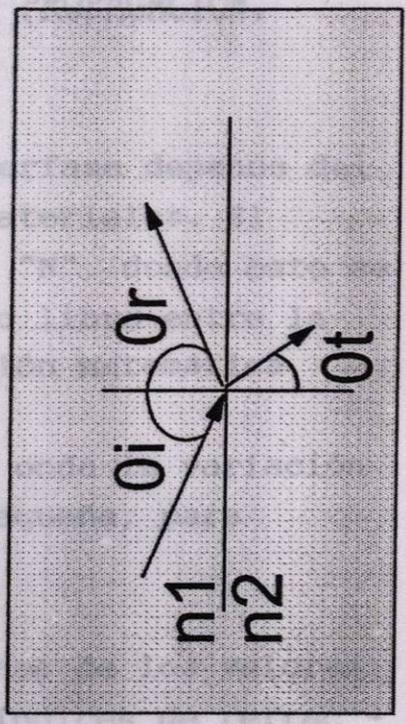


NORMAL

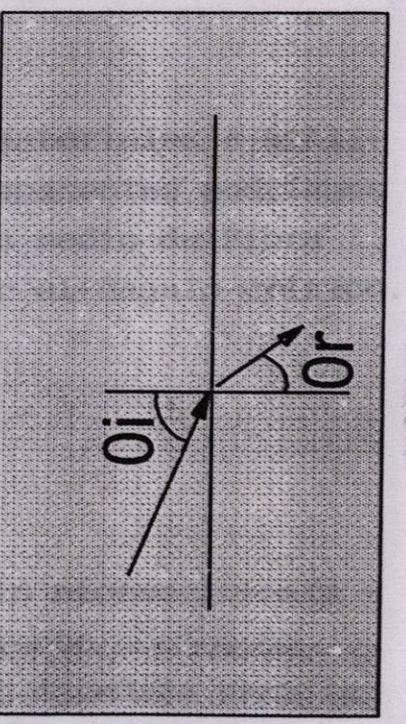


NORMAL

REFRACCIÓN

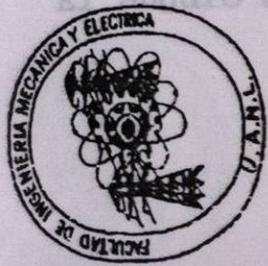


NORMAL



NORMAL

$n1 \text{ sen } (Oi) = n2 \text{ sen } (Ot)$



INDICE DE REFRACCION DE LOS DIFERENTES MEDIOS DE PROPAGACION.

El actual ángulo de inclinación para una interfase depende del índice de refracción de la densidad de ciertos materiales. El índice de refracción usualmente tiene el símbolo "N", donde ésto se expresa como la velocidad de la luz en el espacio libre entre la velocidad de la luz dentro de otro medio (expresión matemática $N=C/V$).

Aunque "N" está en función de la longitud de onda la variación sobre muchas otras aplicaciones, es suficiente pequeña, para ignorarla en algunas ocasiones.

Se puede observar en la tabla siguiente algunos de los valores típicos recomendados que pueden representar los índices de refracción necesarios para interfases entre dos materiales en medios de propagación.

Ver la siguiente figura.

Conociendo los índices de refracción en los materiales a utilizar y los fenómenos de la luz en materiales transparentes podríamos hacer un análisis de la propagación de la luz en un medio de Fibra Optica. Para eso necesitamos conocer y determinar el ángulo crítico.

ANGULO CRITICO.

El ángulo crítico lo definimos como, el ángulo necesario existente para que la onda de luz propagada por un cierto núcleo de fibra, no se transmita a otro medio que no sea el diseñado para la onda de luz en particular.

El ángulo crítico nace de una ecuación de la ley de Snell. El



OBTENCIÓN DEL ÁNGULO CRÍTICO E ÍNDICE DE REFRACCIÓN

$$O_i = 0^\circ$$

$$O_t = 90^\circ$$

Snell

$$n_1 \sin(O_c) = n_2 \sin(0^\circ)$$

$$n_1 \sin(O_c) = n_2 \sin(90^\circ)$$

$$n_1 \sin(O_c) = n_2$$

$$\sin(O_c) = n_2/n_1$$

ÍNDICE DE REFRACCIÓN

$$N = C/V$$

MEDIO	N
VACÍO	1.0
AIRE	1.000294
HELIO	1.000036
HIDROGENO	1.000132
AGUA	1.333
ALCOHOL	1.361
DIAMANTE	2.419
ÁMBAR	1.55
SÍLICE FUNDIDA	1.458
SILICON	3.4

análisis de la ley de Snell lo representamos de la siguiente fórmula: $N_1 \sin O_1 = N_2 \sin O_2$, donde los valores de N_1 y N_2 representan los índices de refracción de dos materiales existentes. Si el material 1 (N_1) es aire en espacio libre, siendo el material 2 (N_2) más denso que el primero (N_1), entonces debemos pensar en averiguar O_2 , $\sin O_2 = N_1/N_2 \sin O_1$, dando valores a los ángulos O_1 y O_2 , tomando como referencia el análisis de los fenómenos de Reflexión y Refracción anteriores, si O_1 lo nombramos O_i por ser el primer ángulo presentado en un plano de referencia para una cierta onda de luz.

Como el ángulo crítico está en proporción al índice de refracción, el O_2 lo designaremos como O_t , que es el ángulo de refracción.

Como una secuencia del desarrollo de la ley de Snell, podemos establecer que si $N_1 < N_2$ los ángulos son efectuados de la siguiente manera $O_i > O_t$. Aquí la onda de luz es propagada de un medio ópticamente menos denso, a otro ópticamente más denso, lo que la onda de luz refractada (con ángulo O_t) se acerca más a la normal del plano.

Como un segundo análisis para comprensión de la ley de Snell, ahora creamos un nuevo plano con una normal proporcional a la misma onda de luz analizada, pero ahora siguiendo el rayo de luz saliendo de un medio ópticamente más denso, a otro menos denso, el rayo es refractado alejándolo de la normal, lo que esto queda representado como: $N_1 > N_2$, entonces $O_i < O_t$.

podemos concluir diciendo, si un haz es propagado de un medio con índice de refracción menor existe un ángulo crítico, por lo cual la luz no se transmite al otro medio, sino que se propaga por la interfase. El ángulo crítico es denominado O_c , por lo que el $O_i = O_c$, el ángulo refractado (O_t) por la interfase nos define que $O_t = 90^\circ$, esto lo aplicamos sobre la ley de Snell.

$N_1 \sin(\theta_c) = N_2 \sin(\theta_t)$, por lo tanto si $\theta_t = 90^\circ$

$N_1 \sin(\theta_c) = N_2 \sin(90^\circ)$

$N_1 \sin(\theta_c) = N_2$

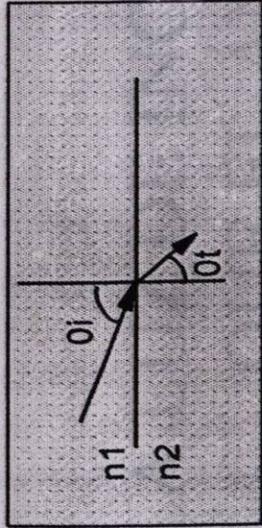
concluimos que $\sin(\theta_c) = N_2/N_1$, siempre y si se cumpla que $N_1 > N_2$ para cualquier ángulo $\theta_i < \theta_c$ la luz es propagada a otro medio y para cualquier $\theta_i > \theta_c$ la luz se refleja totalmente, así explicamos el principio de propagación dentro de la Fibra Optica.

Las siguientes figuras nos muestran los puntos críticos de propagación en Fibra Optica.



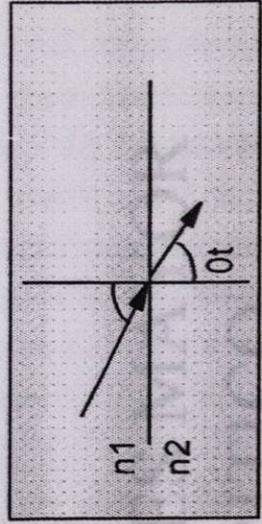
ÁNGULO CRÍTICO

NORMAL



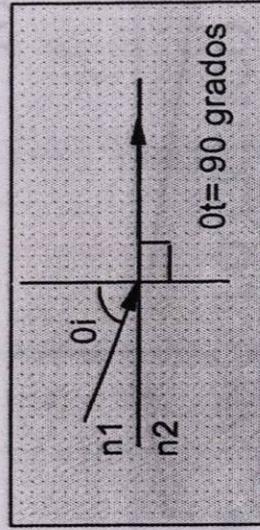
Si $n_1 < n_2$, $\theta_i > \theta_c$

NORMAL



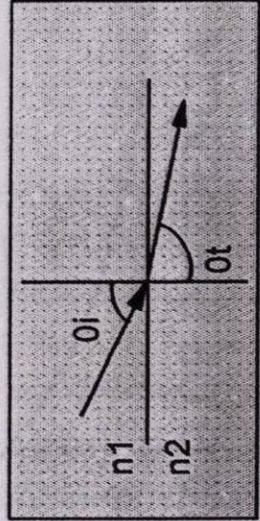
Si $n_1 > n_2$, $\theta_i < \theta_c$

NORMAL



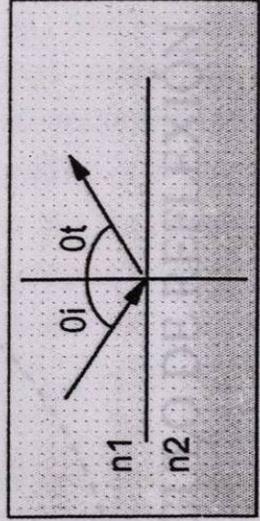
$\theta_t = 90$ grados

NORMAL



Si $n_1 > n_2$, para cualquier ángulo $\theta_i < \theta_c$

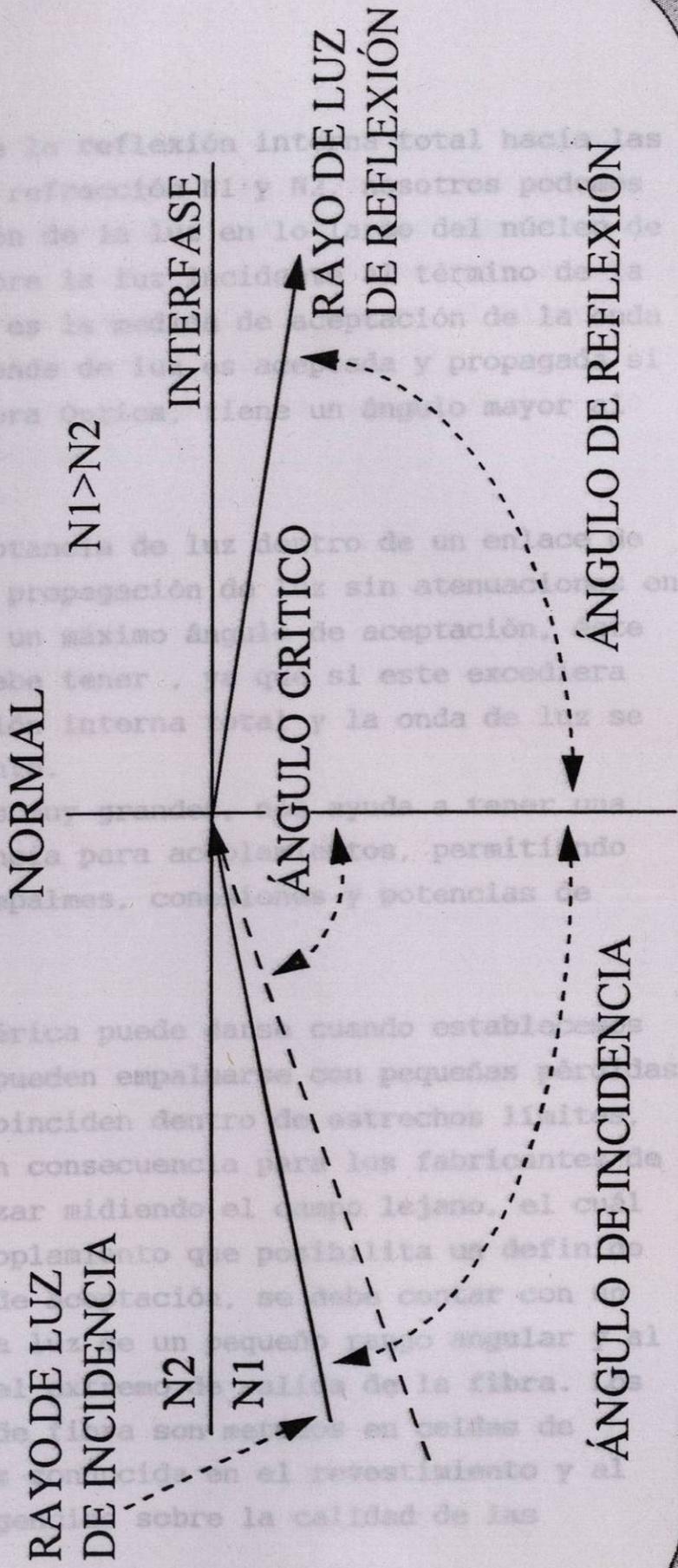
NORMAL



Si $n_1 > n_2$, para cualquier ángulo $\theta_i > \theta_c$



LA LUZ DE INCIDENCIA ES MAYOR QUE EL ÁNGULO CRÍTICO



APERTURA NUMERICA.

Al aplicar el concepto de la reflexión interna total hacia las interfases de los índices de refracción N_1 y N_2 , nosotros podemos ahora demostrar la propagación de la luz en lo largo del núcleo de la fibra y la contracción sobre la luz incidente al término de la fibra. La Apertura Numérica, es la medida de aceptación de la onda de luz en la fibra; aquí la onda de luz es aceptada y propagada si al entrar al núcleo de la Fibra Optica, tiene un ángulo mayor al ángulo crítico

El lograr un cono de aceptación de luz dentro de un enlace de fibra, consiste en tener una propagación de luz sin atenuaciones en su trayectoria. Debe existir un máximo ángulo de aceptación, éste es el ángulo máximo que se debe tener, ya que si este excediera dejaría de ocurrir la reflexión interna total y la onda de luz se refractaría en el revestimiento.

Tener aperturas numéricas muy grandes, nos ayuda a tener una referencia de la alta eficiencia para acoplamientos, permitiendo sólo bajas pérdidas en los empalmes, conexiones y potencias de transmisión.

El medir la apertura numérica puede darse cuando establecemos que dos Fibras Opticas sólo pueden empalmarse con pequeñas pérdidas, si sus aperturas numéricas coinciden dentro de estrechos límites, su medición es importante, en consecuencia para los fabricantes de Fibra Optica. Podríamos empezar midiendo el campo lejano, el cuál consiste en una óptica de acoplamiento que posibilita un definido ajuste de tamaño del ángulo de aceptación, se debe contar con un detector que pueda recibir la luz de un pequeño rango angular y al que se hace girar en torno del extremo de salida de la fibra. Los dos extremos de un segmento de fibra son metidos en celdas de inmersión que eliminan la luz conducida en el revestimiento y al mismo tiempo reducen las exigencias sobre la calidad de las superficies finales.

Partiendo del campo cercano es posible determinar el diámetro del núcleo ópticamente activo. Para éste fin, desde el extremo de la fibra se genera una imagen aumentada, que es explorada por un fotodiodo de área pequeña. Este campo cercano con perfecta estimulación de todos los modos, ésto muestra practicamente el mismo curso que el perfil del índice de refracción.

La aparente apertura numérica de una fibra está en función de la apertura numérica de la fuente de luz.

Ver el siguiente diagrama.

TENIACION.

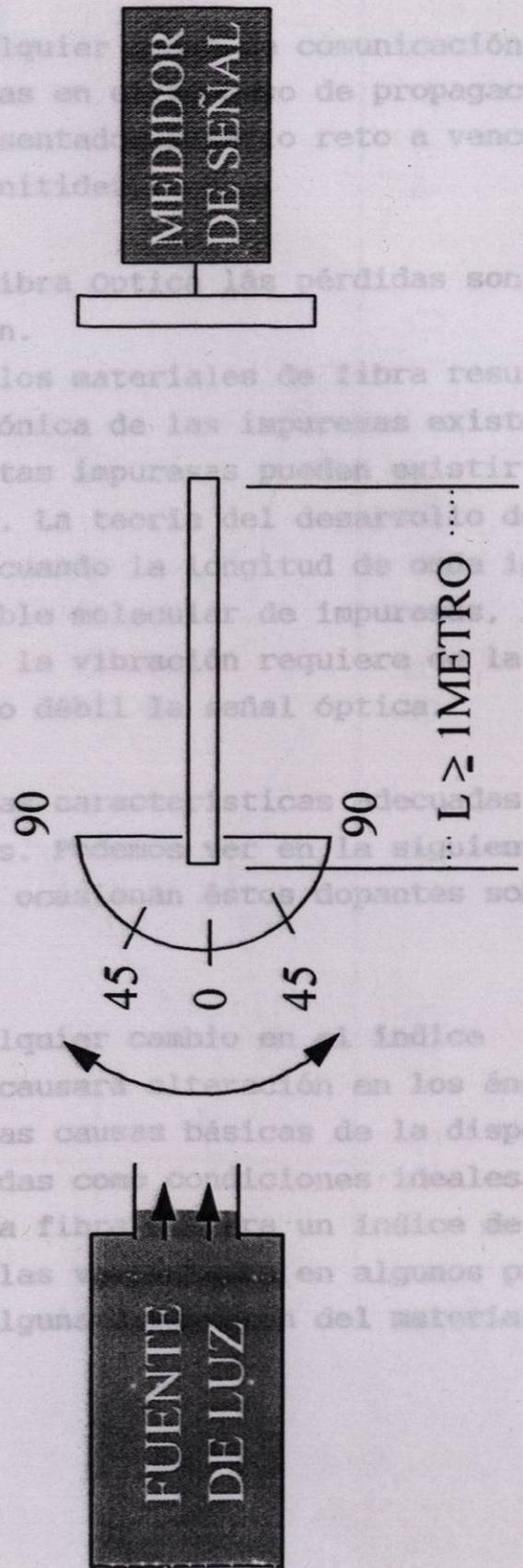
MEDICIÓN DE APERTURA NUMÉRICA DE FIBRA ÓPTICA

Al hablar de atenuación en cualquier comunicación nos referimos a las pérdidas ocasionadas en el proceso de propagación. Este fenómeno siempre ha representado un reto a vencer, lograr señales puras y de gran nitidez.

En los sistemas de Fibra Óptica las pérdidas son medidas en absoluto en dispersión. Las pérdidas de atenuación en los materiales de fibra resultan, de la excitación mecánica y electrónica de las impurezas existentes dentro de algún tipo de fibras. Estas impurezas pueden existir de acuerdo a la calidad de la fibra. La teoría del desarrollo de este fenómeno no es sencilla cuando la longitud es igual a la frecuencia de un cable molecular de impurezas, la molécula empezará a vibrar, lo que la vibración requiere la energía de la onda de luz haciendo débil la señal óptica.

No todos los materiales tienen características ópticas puras. Para la creación de fibras ópticas puras, se debe tener en cuenta la siguiente gráfica los valores de atenuación que ocurren en estos dopantes sobre la onda de luz.

En cuanto a la atenuación, cualquier cambio en el índice refractivo del material de la fibra, causará una reflexión en los ángulos de dirección de la onda de luz. Las causas básicas de la dispersión en el material se consideran como condiciones ideales. Manteniamos que el índice de la fibra es un índice de refracción, tomando en cuenta que las variaciones en algunos procesos es inevitable, dando lugar a algunas pérdidas del material.



ATENUACION.

Al hablar de atenuación en cualquier medio de comunicación nos referimos a las pérdidas ocasionadas en el proceso de propagación.

Este fenómeno siempre ha representado un serio reto a vencer, el lograr señales puras y de gran nitidez.

En los sistemas de enlace de Fibra Optica las pérdidas son divididas en absorción y dispersión.

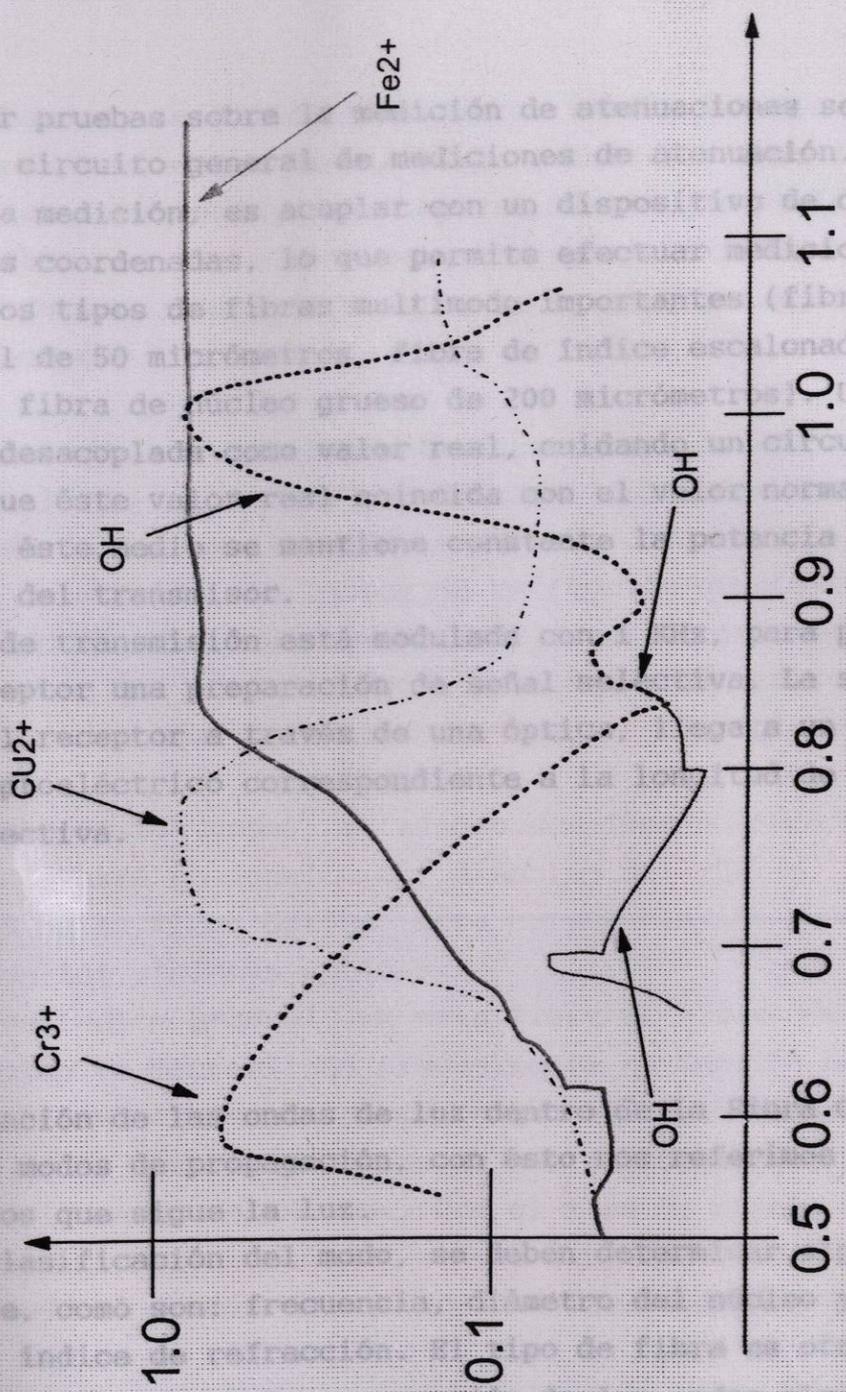
Las pérdidas por absorción en los materiales de fibra resultan, de la excitación molecular y electrónica de las impurezas existentes dentro de algún tipo de fibras, éstas impurezas pueden existir de acuerdo a la calidad de la fibra. La teoría del desarrollo de éste fenómeno no deseado, empieza cuando la longitud de onda iguala a la frecuencia resonante de un cable molecular de impurezas, la molécula empezará vibrando, lo que la vibración requiere de la energía de la onda de luz, haciendo débil la señal óptica.

No todos los dopantes tienen las características adecuadas para la creación de Fibras Opticas puras. Podemos ver en la siguiente gráfica los valores atenuantes que ocasionan éstos dopantes sobre la onda de luz.

En cuanto a la dispersión, cualquier cambio en el índice refractivo del material de fibra, causará alteración en los ángulos y dirección de las ondas de luz. Las causas básicas de la dispersión en el material eran consideradas como condiciones ideales.

Manteniamos que el núcleo de la fibra tuviera un índice de refracción, tomando en cuenta que las variaciones en algunos procesos es inevitable, dando lugar a alguna dispersión del material.

ATENUACIÓN



LONGITUD DE ONDA EN micrometros

Para hacer pruebas sobre la medición de atenuaciones se debe contar con un circuito general de mediciones de atenuación. El objetivo de la medición es acoplar con un dispositivo de desplazamiento de tres coordenadas, lo que permite efectuar mediciones sobre todos los tipos de fibras multimedios importantes (fibra de índice gradual de 50 micrómetros y fibra de índice escalonado de 100 micrómetros y fibra de núcleo grueso de 200 micrómetros). Una parte de la luz es desacoplada para ir real, cuidando un circuito de regulación, que éste va a ser controlado en el momento de ajustar. Por éste se maneja cada una de las coordenadas de salida de la fibra de transmisión.

La salida de transmisión de esta solución es un pulso de luz que se transmite a un receptor una separación de 10 cm. La señal recibida es un pulso de luz que se transmite a un receptor de una óptica de fibra de transmisión respectiva.

PROPAGACION

La propagación de las ondas de los centros de los centros clasificados en modo de propagación, que se propagan en los caminos ópticos que se propagan la luz.

Para la clasificación del modo de propagación se deben tener elementos base, como son: frecuencia, el ancho del pulso y la variación del índice de refracción. El tipo de fibra que se presenta a tomar en cuenta en la propagación de las ondas de los centros magnéticos a través de la fibra.



Para hacer pruebas sobre la medición de atenuaciones se debe contar con un circuito general de mediciones de atenuación. El objetivo de la medición, es acoplar con un dispositivo de desplazamiento de tres coordenadas, lo que permite efectuar mediciones sobre todos los tipos de fibras multimodo importantes (fibra de índice gradual de 50 micrómetros, fibra de índice escalonado de 100 micrómetros y fibra de núcleo grueso de 200 micrómetros). Una parte de la luz es desacoplada como valor real, cuidando un circuito de regulación, que éste valor real coincida con el valor normal ajustado. Por éste medio se mantiene constante la potencia de salida óptica del transmisor.

La señal de transmisión está modulada con 1 KHz, para posibilitar en el receptor una preparación de señal selectiva. La señal de medición en el receptor a través de una óptica, llega a un transductor optoeléctrico correspondiente a la longitud de onda lumínica respectiva.

PROPAGACION.

La propagación de las ondas de luz dentro de la Fibra Optica se clasifican en modos de propagación, con ésto nos referimos a los caminos ópticos que sigue la luz.

Para la clasificación del modo, se deben determinar algunos elementos base, como son: frecuencia, diámetro del núcleo y la variación del índice de refracción. El tipo de fibra es otro elemento a tomar en cuenta en la propagación de las ondas electromagnéticas a través de la fibra.

Después de clasificar los diferentes tipos de propagación, ahora se deben analizar los tipos de fibra en acoplo al modo de propagación.

Fibras Monomodo, este diseño de fibras tienen un solo modo de propagación que permite que la luz viaje a todo lo largo del núcleo, evitando la dispersión modal. La longitud máxima que puede tener ese tipo de fibra para un enlace con menor porcentaje de atenuación es de 10 Kms. En este caso, el tipo de señal de transmisión es la misma en el receptor.

Fibras Multimodo, estas tienen la característica de propagación más comunes, existen, el índice escalonado e índice gradual.

a)Fibras de índice escalonado, esta fibra está caracterizada por su núcleo construido con índice de refracción constante. El índice de refracción del revestimiento es menor al del núcleo, esto es para el caso en que ocurra dispersión modal y el revestimiento actúe como frontera. Aquí la señal de entrada varía an cuanto a la señal de salida.

Nota: La dispersión modal, es efecto ocasionado sobre una Fibra Optica, el cuál, está en función del diámetro del núcleo, frecuencia y longitud de la Fibra Optica, esta característica puede ser despreciable en los sistemas ópticos.

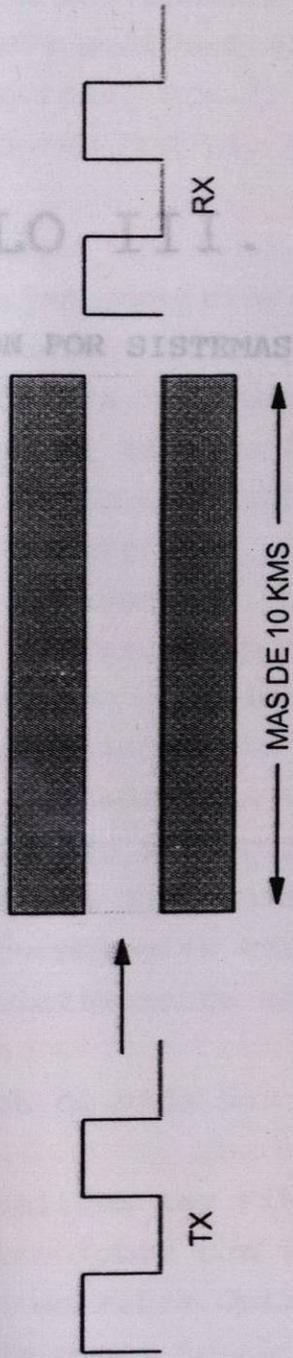
b)Fibras de índice gradual, en esta fibra el índice de refracción en el núcleo va decreciendo gradualmente en función del radio, hasta llegar al revestimiento, debido a que el índice de refracción del núcleo decrece, los rayos de luz se van flexionando gradualmente regresando al centro del núcleo. Por el tipo de diseño de la fibra notamos que la atenuación es menos, comparada con la fibra escalonada, donde el cambio del índice de refracción es mucho más brusco.

Para las fibras de índice escalonado las distancias son limitadas (1mt, 10mts, 100mts, hasta 1Km), en comparación de el índice gradual, donde su distancia es de hasta 10Kms.

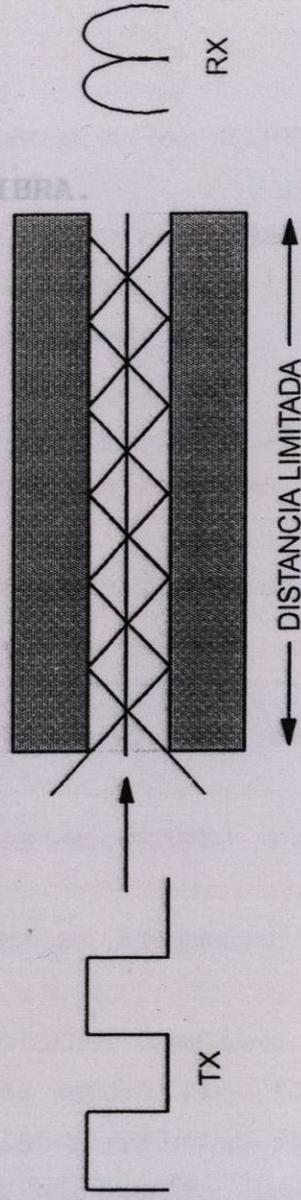
CAPITULO III.

- * COMUNICACION POR SISTEMAS DE FIBRA.
- * CONEXIONES.
- * EMPALMES.

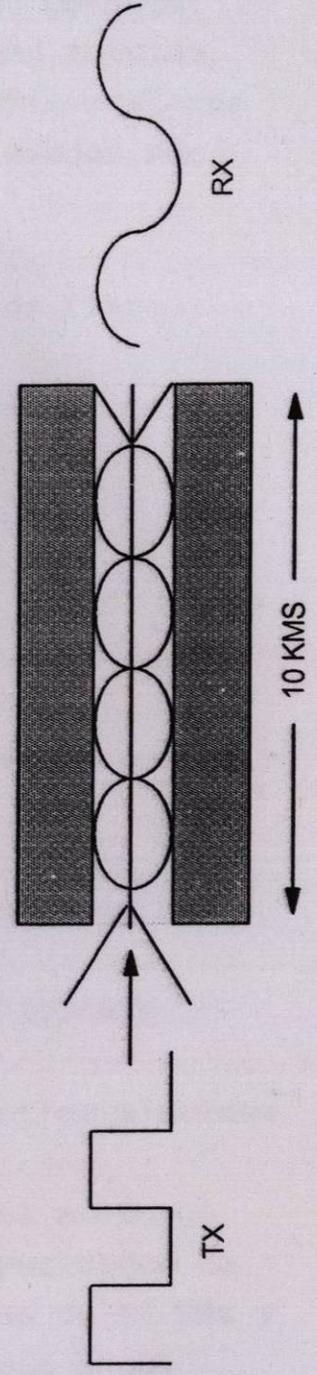
FIBRAS MONOMODO



FIBRAS DE INDICE ESCALONADO



FIBRAS DE INDICE GRADUAL



CAPITULO III.

- * COMUNICACION POR SISTEMAS DE FIBRA.
- * CONEXIONES.
- * EMPALMES.

COMUNICACIONES POR SISTEMAS DE FIBRA.

En cuanto a las ventajas de los sistemas de Fibras Ópticas, contra los otros medios o sistemas de comunicación (par torcido, coaxial, microondas, etc.), están en proporción a las inversiones monetarias y horas hombre, que no en muy largo plazo pueden ser redituables.

Como ventajas generales en cuanto a los sistemas de fibra podemos mencionar:

- *Habilidad para transmitir una gran cantidad de datos, no importando el tipo de fibra en particular.
- *Ancho de banda extremadamente grande.
- *Aislante eléctrico.
- *Diámetro más pequeño, cables de peso más ligero.
- *Sobre el proceso de propagación no existen señales de radiación o emisión de ruido.
- *Al diseñar enlaces con fibras paralelas la escasez de conversaciones cruzadas, es mínima.
- *Transmisión de alta calidad.
- *Los circuitos de transmisión y recepción son pequeños y no emplean tecnologías caras.
- *Costos relativamente más bajos en cuanto a instalación y operación.
- *Los lapsos de vida son mayores en comparación a otros sistemas.

En la actualidad las Fibras Ópticas compiten con el mundo de las telecomunicaciones con ventajas agresivas. Las capacidades de ancho de banda en Fibra Óptica, tienen valores teóricos de 10 GHz y atenuaciones de menos de .2 Db por kilómetro, haciéndola menos costoso cada kilómetro de canal. En éste sistema los límites de velocidad de transmisiones grandes están en proporción a la poten -

cia de transmisión y recepción que puedan soportar los equipos, y no al medio de propagación (esto en sistemas de Fibra Optica).

En los sistemas de fibra se manejan anchos de banda extremadamente amplios, esto significa que un mayor volumen de información o de mensajes pueden ser llevadas en un solo circuito. Cualquiera que sea la información, voz, video, datos, o una combinación de estas, puede ser fácilmente transmitida sobre las Fibras Opticas en grandes grupos de canales. Los sistemas de transmisión por Fibra Optica de telefonía y datos operan hoy a 4.8 Gb/seg. Esto siendo a 64,000 conversaciones simultáneas en un par sencillo de fibra. Con la llegada de los sistemas de transmisión láser de línea delgada de modo sencillo y óptica consecuente, logrando una transmisión de 10 a 100 Gb/seg.

Así como se tienen ventajas en los sistemas de fibra, también se tiene limitaciones, a continuación se mencionan algunas de las principales:

*Dureza a la radiación, esta surge cuando la fibra es bombardeada por partículas de alta energía nuclear, ésta empezará ennegreciendo muy rápido hasta llegar al punto donde perderá propiedades de transmisión elementales. Después tendrá una recuperación gradual, creandole atenuaciones en sus índices de refracción del núcleo, más de las que tenía antes del bombardeo de partículas de energía nuclear.

*No es conductor, Ya que la fibra no puede transmitir poder eléctrico, no puede ser empleado donde la terminal receptora (por el voltaje necesario, requerido para algunos componentes que estructuran al receptor) requiera de conductores separados que proporcionen este poder.

*Absorción de hidrógeno, el hidrógeno molecular se puede derramar dentro de las fibras de silicio ocasionándole un cambio de disminución. Este problema se puede dividir en dos tipos, el primero, hidrógeno no reactivo, el cuál es derramado dentro del silicio creando pérdidas reversibles, debido a la absorción, y el otro tipo, es cuando las moléculas de hidrógeno reaccionan con sitio en la matriz de el silicio para formar iones de dioxido permanentes a un grado dependiente en la composición de la fibra, la temperatura y la presión parcial del hidrógeno.

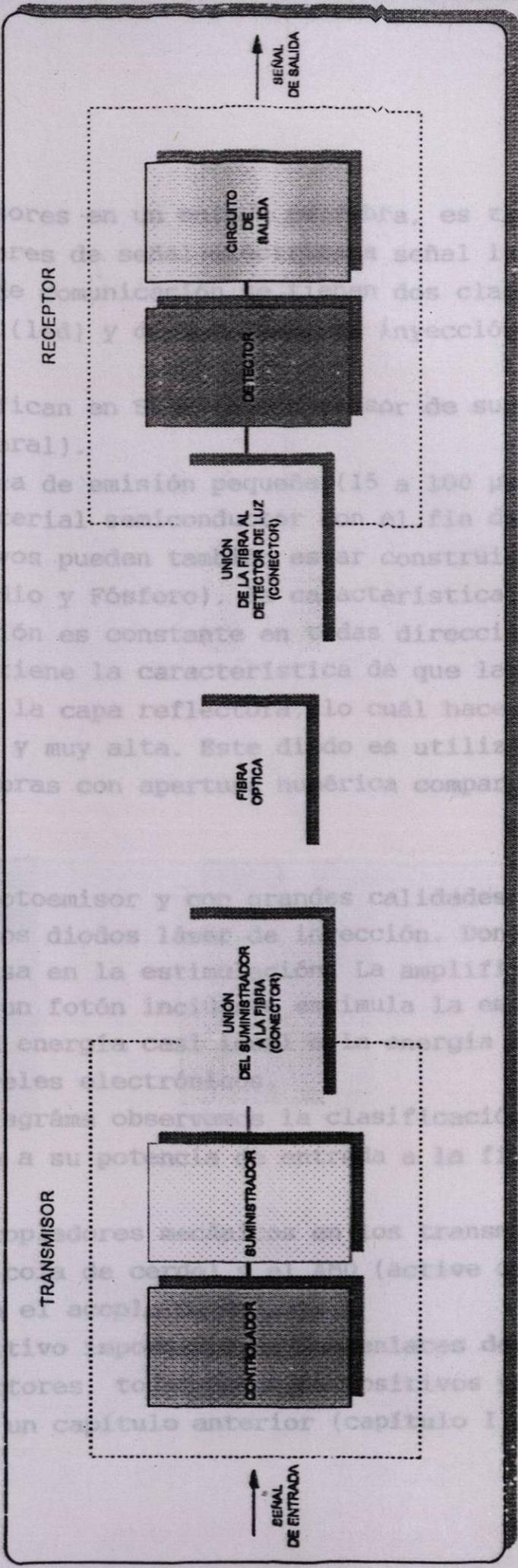
*Aplicaciones en anchos de banda, la fibra es generalmente efectiva en su costo cuando sus capacidades para el ancho de banda son requeridos. Si se utiliza un ancho de banda grande en una fibra de un ancho de banda pequeño, sus aplicaciones de corta distancia pueden costar más que el cobre.

Un enlace básico de Fibra Optica está compuesto en su etapa transmisora por una entrada de señal, un controlador o modulador de señal, un suministrador o fuente de luz y la unión de suministrador a la fibra (conector). Este transmisor está unido por un enlace de Fibra Optica hacia un receptor, el receptor se une con la fibra por medio de un conector, el cuál es directamente acoplado a un detector o en algunos casos demodulador, siguiendo la señal hacia un circuito de salida, teniendo como etapa final la señal de salida, como se muestra en el diagrama a cuadros.

Los dispositivos elementales en el inicio y terminación de un enlace de Fibra Optica, dependen de la emisión y detección de la luz.

Un sistema de comunicación óptico en su diseño básico, está formado por fotoemisores, fotodetectores y Fibras Opticas.

ENLACE BASICO DE FIBRA OPTICA



El incluir fotoemisores en un enlace de fibra, es trabajar con dispositivos transductores de señal eléctrica a señal luminosa.

Para los sistemas de comunicación se tienen dos clases de diodos emisores de luz (led) y diodos láser de inyección.

Los led's se clasifican en SLED (diodo emisor de superficie) y ELED (diodo emisor lateral).

*SLED, tiene un área de emisión pequeña (15 a 100 μm de diámetro) sumergido en un material semiconductor con el fin de disipar el calor, estos dispositivos pueden también estar contruidos de Arsenio de Galio, Indio y Fósforo), la característica de éste diodo es que su radiación es constante en todas direcciones.

*ELED, éste diodo tiene la característica de que la mayor parte de la radiación es por la capa reflectora, lo cuál hace que la radiación sea efectiva y muy alta. Este diodo es utilizado con mucha eficiencia en fibras con apertura numérica comparada con la superficie emisora.

Otro dispositivo fotoemisor y con grandes calidades en la emisión radiada, son los diodos láser de inyección. Donde su principio de emisión se basa en la estimulación. La amplificación de la luz se produce cuando un fotón incidente estimula la emisión de un segundo fotón, con una energía casi igual a la energía de separación entre los dos niveles electrónicos.

En el siguiente diagrama observamos la clasificación de los fotoemisores en cuanto a su potencia de entrada a la fibra.

De los tipos de acopladores mecánicos en los transmisores, nombramos el PIGTAIL (cola de cerdo) y el AMD (active device mount), éstos se encuentran en el acoplo de salida.

El segundo dispositivo importante en los enlaces de comunicación son los fotodetectores, todos estos dispositivos ya habían sido estructurados en un capítulo anterior (capítulo I), no está

FOTOEMISORES

POTENCIA DE ENTRADA A LA FIBRA OPTICA

DIODO EMISOR DE SUPERFICIE



DIODO EMISOR LATERAL



DIODO LASER DE INYECCIÓN



10 micro W - 100 micro W

100 micro W - 1 m W

1 m W - 10 m W



demás recordar sus características.

Su principio de operación consiste, cuando un fotón puede ser detectado por un proceso de interacción de la materia en el que el fotón es aniquilado y su energía transformada en calor o corriente eléctrica, se debe contar con alta sencibilidad de operación, alta fidelidad, etc. Estos fotodetectores están clasificados en dos tipos, PIN, APD.

CONEXIONES.

El trabajar con conexiones, estamos hablando del trabajo de los conectores. Este se utiliza cuando dos fibras, una fuente o detector electro-óptico se juntan y conectan rápidamente. Esto generalmente lo vemos en un equipo de fibra terminal, tableros de parches ópticos, o aparatos de conexión en un enlace de fibra.

Cada conector en un sistema de Fibra Optica presenta una pérdida óptica de poder. Los conectores en una interfase de transmisor y receptor se presentan en un mínimo. Si se utilizan cables de conexión y un tablero de parches ópticos para conectar el cable óptico y el equipo, entonces el número de conexiones en cada extremo se puede duplicar. Por eso, la opción ideal de conexiones puede tener una diferencia muy significativa en los márgenes del desarrollo total del sistema. Las pérdidas de las conexiones pueden dividirse en empalmes mecánicos con .2 Db de pérdida y empalmes por fusión de .02 Db de pérdidas.

El reto de diseñar un conector, es hacer una abrazadera con un pequeño orificio de precisión de aceptación de fibra que sea igual al diámetro externo de la fibra y que sea concéntrica con la super-

ficie externa de acoplamiento de la abrazadera, una estructura de acoplamiento que mantenga el equilibrio dentro de algún porcentaje del diámetro del núcleo y un alineamiento angular dentro de menos de un grado entre acoplamiento y acoplamiento, pero no es tan duro de suponer que la fricción y las raspaduras causan el desaconchamiento y el desgaste, y un arreglo de superficie de acoplamiento que idealmente no deje espacio de aire reflector entre fibras, la idea es proteger las puntas de la fibra de raspaduras que pueden ocurrir si las fibras se tocan con superficies duras y asperas.

En el siguiente diagrama a cuadros observamos la función y la importancia de los conectores en un enlace de Fibra Optica.

EMPALMES.

Las uniones en los enlaces de fibras pueden ser fijas o temporales, donde los empalmes fijos son empalmes permanentes en comparación de los temporales que pueden ser removibles.

El tipo de unión que se elija dependerá de las necesidades de la instalación.

Para las uniones permanentes de tramos largos de Fibras Opticas son bajas atenuaciones se hace un empalme permanente.

Las pérdidas que pueden surgir en éste tipo de unión, más que en conectores, se clasifican en extrínsecas e intrínsecas.

Las pérdidas extrínsecas son causadas por desalineamiento mecánico, ésta causa ocasiona pérdidas de radiación, ya que el cono de aceptación de la fibra emisora, no está en acoplo con el cono de aceptación de la fibra receptora.



ENLACE DE FIBRA OPTICA

PROCESADOR DE SEÑAL (MODULADOR)

SEÑAL DE ENTRADA

ETAPA DE TRANSMISIÓN

DETECTOR DE LUZ

PROCESADOR DE SEÑAL (DEMODULADOR)

SEÑAL DE SALIDA

ETAPA RECEPTORA

DETECTOR DE LUZ

Los tipos principales de desalineamiento son:

a) Desplazamiento o falla axial, aquí los ejes de la fibra están colineales, si no que están separados paralelamente por una distancia determinada.

b) Desalineamiento o falla angular, la cual sucede cuando los ejes de la fibra forman un ángulo y las caras de los extremos deben estar preparadas.

c) Separación longitudinal, ocurre cuando la fibra óptica al unirse está sobre un mismo eje, pero tienen un espacio entre las caras de los extremos.

Las pérdidas intrínsecas, son ocasionadas por variaciones de la geometría de la fibra y sus características de diseño. Este tipo de pérdida es importante, porque podría considerarse pérdida desde antes de ser instalada, ya que ésta depende de la esterilización de los sistemas de fibra y de la misma calidad de ésta.

Podemos ver en el siguiente cuadro las propiedades intrínsecas que pueden presentar las fibras.

Las variaciones pueden ser nombradas como:

(Diámetro)

(Elipticidad)

(Apertura)

(Perfil de refracción)

(Concentricidad del núcleo y el revestimiento)

Los tipos principales de desalineamiento son:

- a) Desplazamiento o falla axial, aquí los ejes de la fibra no están colineales, si no que están separados paralelamente por una distancia determinada.
- b) Desalineamiento o falla angular, la cuál sucede cuando los ejes de la fibra forman un ángulo y las caras de los extremos deben de estar preparadas.
- c) Separación longitudinal, ocurre cuando la Fibra Optica al unirse está sobre un mismo eje, pero tienen un espacio entre las caras de los extremos.

Las pérdidas intrínsecas, son ocasionadas por variaciones de la geometría de la fibra y sus características de diseño. Este tipo de pérdida es importante, porque podría considerarse pérdida desde antes de ser instalada, ya que ésto depende de la estandarización de los sistemas de fibra y de la misma calidad de ésta.

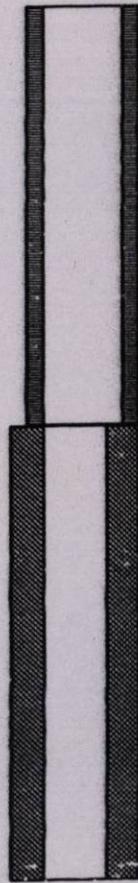
Podemos ver en el siguiente esquema las propiedades intrínsecas que pueden presentar las fibras.

Las variaciones pueden ser nombradas como:

- a) Diámetro del núcleo.
- b) Elipticidad del núcleo.
- c) Apertura numérica.
- d) Perfil del índice de refracción.
- e) Concentricidad del núcleo y el revestimiento.



PERDIDAS CAUSADAS POR PROPIEDADES INTRÍNSECAS



DIFERENTE DIÁMETRO EN EL REVESTIMIENTO



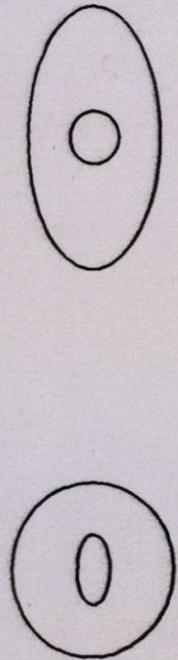
DIFERENTE DIÁMETRO EN EL NÚCLEO



DIFERENTE A.N.



NÚCLEO EXCÉNTRICO



NÚCLEO ELÍPTICO O REVESTIMIENTO ELÍPTICO

CONCLUSIONES.

Hoy en día las comunicaciones viven una revolución de tecnología donde los servicios telecomunicativos demandan cambios y equipos sofisticados que puedan dar a los usuarios mejores alternativas. La prioridad de estar conectado con redes mundiales, crea la necesidad de tener mejores medios de propagación de información; siendo los enlaces de Fibra Optica uno de los mejores medios de enlaces de información por tierra y mar, aunque también considerados por aire, donde todo equipo electrónico usado como medio de comunicación puede llevar gran parte de su diseño en componentes con Fibra Optica. Por lo que se debe empezar a estandarizar medios y equipos, ya que el atraso tecnológico está al día.

BIBLIOGRAFIA.

- * HEATHKIT.
FIBER OPTICS 1989.

- * JOHN M. SENIOR.
OPTICAL FIBER COMMUNICATION, PRINCIPALES AND PRACTICE 1985.

- * LYNNE D. GREEN.
FIBER OPTIC COMMUNICATION 1993.

- * MOTOROLA COMPANY.
MOTOROLA OPTOELECTRONICS DEVICE DATA 1985.

