

60
24



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE MEXICO**



**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN**

**" COMUNICACIONES. PERDIDAS EN LA CONEXION
DE LA FIBRA OPTICA "**

TRABAJO DE SEMINARIO

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

P R E S E N T A

ENRIQUE HERNANDEZ TELLEZ

ASESOR: INGENIERO FRANCISCO TELLITUD LOPEZ

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEXICO

1988

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

U. N. A. M.
UNIVERSIDAD NACIONAL
DE ESTUDIOS
SUPERIORES CUAUTITLAN

DR. JAIME KELLER TORRES
DIRECTOR DE LA FES-CUAUTITLAN
PRESENTE.

DEPARTAMENTO DE
EXAMENES PROFESIONALES

AT'N: ING. RAFAEL RODRIGUEZ CEBALLOS
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la FES-C.

Con base en el art. 51 del Reglamento de Exámenes Profesionales de la FES-Cuautilán, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el Trabajo de Seminario:

Comunicaciones. Pérdidas en la Conexión de la Fibra Óptica.

que presenta el pasante: Hernandez Tellez Enrique

con número de cuenta: 8403902-4 para obtener el Título de:
Ingeniero Mecánico Electricista

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VISTO BUENO.

ATENTAMENTE.

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautilán Izcalli, Edo. de México, a 11 de marzo de 1996

MODULO:	PROFESOR:	FIRMA:
<u>Modulo I</u>	<u>Alfonso Contreras Marquez</u>	<u>[Firma]</u>
<u>Modulo II</u>	<u>Juan González Vega</u>	<u>[Firma]</u>
<u>Modulo III</u>	<u>Francisco Tellitud López</u>	<u>[Firma]</u>

DEP/VOBOSEM

AGRADECIMIENTOS

Mencionar a las personas, que a lo largo de mi vida y carrera profesional me han brindado algún apoyo, con sus consejos, enseñanzas y experiencias, saldría una lista inacabable; es por eso que solo resta expresar mi agradecimiento a aquellas que me estimularan a seguir adelante, así como a aquellas que todavía me siguen brindando su amistad y apoyo.

Naturalmente, agradezco a los profesores que con su paciencia y empeño para la docencia me instruyeron con sus enseñanzas y profesionalismo. Además que ellos me hicieron ver la realidad de la vida en esta bonita profesión.

Gracias hoy y siempre

Hernández Tellez Enrique

DEDICATORIA

A mis padres

**José Hernández D.
Feliza Tellez V.**

Con todo el cariño y respeto que ellos merecen, como un testimonio de gratitud y profundo agradecimiento, que sin escatimar esfuerzos me han formado y educado brindandome su apoyo, cariño y comprensión para lograr una meta más de mi vida.

Hernández Tellez Enrique

**PERDIDAS EN LA CONEXION DE
LA FIBRA OPTICA**

CONTENIDO

INDICE

CAPITULO I : INTRODUCCION

CAPITULO II : LA FIBRA OPTICA

CAPITULO III : PERDIDAS

CAPITULO IV : PERDIDAS EN LA CONEXION DE LA FIBRA

CAPITULO V : EMPALMES, CONECTORES Y ACOPLADORES

CAPITULO VI : CASO PRACTICO

CONCLUSIONES

GLOSARIO

BIBLIOGRAFIA

INDICE

CAPITULO I

1.1 INTRODUCCION	2
----------------------------	---

CAPITULO II

2.1 LA FIBRA OPTICA	6
-------------------------------	---

CAPITULO III

3.1 PERDIDAS	12
------------------------	----

CAPITULO IV

4.1 PERDIDAS EN LA CONEXION DE LA FIBRA	18
---	----

4.2 CAUSAS DE LAS PERDIDAS	18
--------------------------------------	----

4.3 PERDIDAS EXTRINSECAS	19
------------------------------------	----

4.4 PERDIDAS INTRINSECAS	22
------------------------------------	----

CAPITULO V

5.1 EMPALMES, CONECTORES Y ACOPLADORES	26
--	----

5.1.1 EMPALMES	26
--------------------------	----

5.1.2 EMPALMES MECANICOS	27
------------------------------------	----

5.1.3 EMPALMES POR FUSION	27
-------------------------------------	----

5.2 CONECTORES	29
--------------------------	----

5.3 ACOPLADORES	31
---------------------------	----

5.3.1 ACOPLADORES POR TRANSMICION 32

5.3.2 ACOPLADORES POR REFLEXION 32

CAPITULO VI

CASO PRACTICO. 34

CONCLUSIONES 37

GLOSARIO. 39

BIBLIOGRAFIA. 42

CAPITULO I
INTRODUCCION

INTRODUCCION

1.1 INTRODUCCION

Los sistemas ópticos de comunicaciones han encontrado en estos últimos años una gran aceptación en la industria, en los servicios públicos y en el comercio. Debido a la versatilidad que presentan para el manejo de grandes volúmenes de información a altas velocidades de transmisión e inmunidad a la interferencia electromagnética, además de sus dimensiones reducidas. Las aplicaciones más usuales en los sistemas de comunicaciones vía fibra óptica son la telefonía de larga distancia o para zonas de alto tráfico telefónico, las redes locales de datos, la telecomunicación dentro de plantas industriales y generadoras de electricidad, la transmisión de señales vía cable, televisión de alta resolución y las redes integradas de servicios digitales.

La posibilidad de transmitir radiaciones electromagnéticas de longitud de onda muy corta (luz), a través de finísimos conductores, prácticamente sin pérdidas, sin causar interferencia o sufrirlas es lo que permite a la fibra óptica algo innovador y revolucionado en el mundo de las telecomunicaciones e incluso sea a pensado en la posibilidad de la transmisión de energía.

La idea básica de la fibra óptica es transmitir la luz a través de un medio conductor especial, donde se aprovecha la reflexión total que ocurre en las condiciones de ángulo crítico y con esto llevar las trayectorias, las más diversas, sin pérdidas. Se sabe que mientras un cable eléctrico que conduce una señal esta sujeta a interferencias

INTRODUCCION

electromagnéticas externas y también entre señales interferentes, lo cual no puede ocurrirle a una fibra óptica, lo que hace de la fibra óptica interesante en algunas aplicaciones prácticas.

La fibra óptica no presenta muchas pérdidas en la transmisión total como sucede en los cables eléctricos. Las pérdidas se pueden presentar en la conexión, estas pérdidas de conexión son inevitables y pueden presentar una gran fuente de pérdidas en los sistemas de fibra óptica además de las conexiones propias de la instalación, habrá conexiones de reparación, ya que una línea típica se rompe accidentalmente dos o tres veces por kilómetro durante un periodo de 30 años. La alineación de fibra óptica que requiere cada conexión es una proeza mecánica considerable ya que no se obtiene efectividad total en la conexión al menos que las partes queden correctamente alineadas.

Por otra parte en los sistemas de fibra óptica existen factores que pueden limitar la velocidad del funcionamiento y la distancia entre los equipos terminales si el emisor introduce una cantidad determinada de energía en la fibra, y el receptor es capaz de interpretar las señales con una tasa de error inferior a determinado valor sólo a partir de cierto nivel de los mismos. La diferencia entre ambos niveles da la posibilidad de pérdidas y por tanto la longitud teórica de la misma.

Tomando en cuenta también, la dispersión kilométrica inherente en las fibras produce superposición de los impulsos lo que para una determinada velocidad de transmisión, impone también restricciones a la longitud del cable.

INTRODUCCION

Ambos casos debén examinarse, y la mas crítica dará la longitud máxima admisible, conocidas las pérdidas unitarias de las posibles fibras a utilizar. Si la longitud máxima resultante es inferior a la necesaria, abra que acudir al empleo de regeneradores intermedios.

En relación con lo anterior, es muy importante considerar que siendo muchas veces la longitud del sistema superior a la longitud de las bobinas de cable suministradas, habrá que proceder a empalmar las fibras y sus cubiertas. Además la unión entre los cables exteriores y los equipos terminales o los intermedios debe hacerse mediante conexiones desmontables, llamados conectores. En los empalmes y en los conectores también pueden sufrir pérdidas es por eso que en un sistema a base de fibra óptica es importante conocer las pérdidas ya que son un factor de gran interés para los sistemas de transmisión óptica, puesto que pueden contribuir de modo considerable al balance de las pérdidas del sistema.

CAPITULO II
LA FIBRA OPTICA

LA FIBRA OPTICA

2.1 LA FIBRA OPTICA

La fibra óptica es un medio de transmisión de información analógica o digital donde los principios básicos de funcionamiento se justifican de forma clara, aplicando las leyes de la óptica geométrica. Si se quiere entender el mecanismo de propagación en el interior de la fibra hay que recurrir a la resolución de las ecuaciones del campo magnético, o sea las ecuaciones de Maxwell.

Básicamente, la fibra óptica es un fino hilo conductor de vidrio o plástico, que permite transportar la luz (generalmente la luz es infrarroja y por lo tanto, no es visible para el ojo humano). Dicha luz, modulada convenientemente permite transmitir señales inteligentes entre dos puntos.

La fibra óptica esta compuesta por una región cilíndrica, por lo cual se efectúa la propagación, denominada núcleo, y de una zona externa al núcleo totalmente necesaria para que se produzca el mecanismo de propagación que se denomina envoltura o revestimiento y por una cubierta o protección (fig. 2.1).

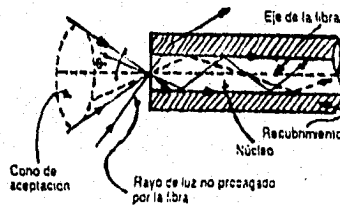


Fig. 2.1 Composición de la Fibra

LA FIBRA OPTICA

La capacidad de transmisión de información que tiene una fibra óptica depende de las tres características fundamentales:

- 1. El diseño geométrico de la fibra.**
- 2. De las propiedades de los materiales empleados en su elaboración (diseño óptico).**
- 3. De la anchura espectral de la fuente de luz utilizada. Cuando mayor sea esa anchura menor será la capacidad de transmisión de información de esa fibra.**

Debido a la existencia de muchos modos o caminos de propagación de la luz, ocurre que la longitud recorrida por los rayos es distinta y por lo tanto un impulso de luz a la entrada de la fibra saldrá a la salida, dispersa con la cual queda limitado el ancho de banda de la fibra óptica.

Teniendo en cuenta el modo de propagación se han clasificado a las fibras en :

- Monomodo**

Las dimensiones del núcleo son comparables a la longitud de onda de la luz por lo cual hay un solo modo de propagación y no existe dispersión.

- Multimodo**

Contiene varios modos de propagación y ocurre en consecuencia el efecto de dispersión.

(fig. 2.2).

Las fibras ópticas se pueden clasificar atendiendo a los diferentes parámetros ópticos, geométricos o dinámicos que las definen:

- Por la aplicación a que se destinen, presionando entonces el uso de fibras de alta o media calidad.**

LA FIBRA OPTICA

	Variación del índice de refracción	Estructura de la fibra	Modos de propagación
MULTIMODO Índice escalonado			
MULTIMODO Índice gradual			
MONOMODO			

Fig. 2.2 Características de las Fibras Ópticas

LA FIBRA OPTICA

- **Por el perfil del índice de refracción: constante o variable. Entre estas últimas están los de índice gradual, perfil α , doble entalladura, sementado, etc. Atendiendo a cada caso a las características de transmisión que se deseen mejorar.**
- **Por el número de modos transmitidos: Monomodo o Multimodo.**
- **Por los materiales de núcleo, revestimiento y su composición.**

Normalmente habrá que atender a varias de estas características para la elección de la fibra adecuada.

Dependiendo del tipo de aplicación a que se destine la fibra, y siempre en función de su más frecuente uso, (las comunicaciones) se pueden considerar dos grupos:

1. **Fibras de alta calidad para enlaces de telecomunicación.**
2. **Fibras para enlaces de corta y media distancia.**

Lo más frecuente en estos casos es que las fibras sean de vidrio, o al menos con núcleo de vidrio. También se encuentran de plástico, pero estas presentan atenuaciones de varios cientos de dB/Km y se aplican sobre distancias de pocos metros (medicina, automóviles, instrumentación, etc.).

Para fibras de alta calidad se utiliza sílice, mientras que para el resto se emplean fibras con núcleo de vidrio policomponente.

Dentro de cualquiera de los dos tipos indicados monomodo y multimodo, estas últimas de índice gradual. Por su mayor anchura de banda, las fibras monomodo se aplican en enlaces de larga distancia y gran flujo de información: cables submarinos, enlaces interurbanos a 140 Mb/s o velocidades superiores, etc. (tabla 1)

LA FIBRA OPTICA

		Fibra de Sílice	Fibra de Vidrio
Composición	Núcleo	Oxido de Silicio, Carbonato, Agua y Fluoruro.	Oxido de Silicio, Oxido de Boro, Óxido de Calcio y Carbonato
	Revestimiento	Oxido de Boro, Silicio y Fluoruro de Silicio	Alumina compuesta con que el flúorido
Impurezas	Impurezas	Impurezas de Carbonato y Fluoruro y Aluminato de Sodio y Calcio	Impurezas de Carbonato y Fluoruro de Sodio y Calcio
	Impurezas	Impurezas de Carbonato y Fluoruro	Impurezas de Carbonato y Fluoruro
	Impurezas	Impurezas de Carbonato y Fluoruro	Impurezas de Carbonato y Fluoruro
	Impurezas	Impurezas de Carbonato y Fluoruro	Impurezas de Carbonato y Fluoruro

Continúa en la página 10

LA FIBRA OPTICA

		Fibra de Sílice	Fibra de Vidrio Policomponente
Composición	Núcleo	Oxidos de Silicio, Germanio, Boro y Fósforo.	Oxidos de Silicio, Sodio, Calcio y Germanio
	Revestimiento	Oxidos de Boro, Sílice y Fluoruros de Silicio.	Misma composición que el Núcleo.
Materiales	Núcleo	Tetracloruros de Germanio y Silicio y Tricloruros de Fósforo y Boro.	Tetracloruro de Silicio y Nitrato de Calcio y Sodio.
	Revestimiento	Tetracloruro de Silicio, Tetrafluoruro y Hexafluoruro de Silicio.	Misma composición que el Núcleo.

Tabla I.

Composición y Materiales

CAPITULO III

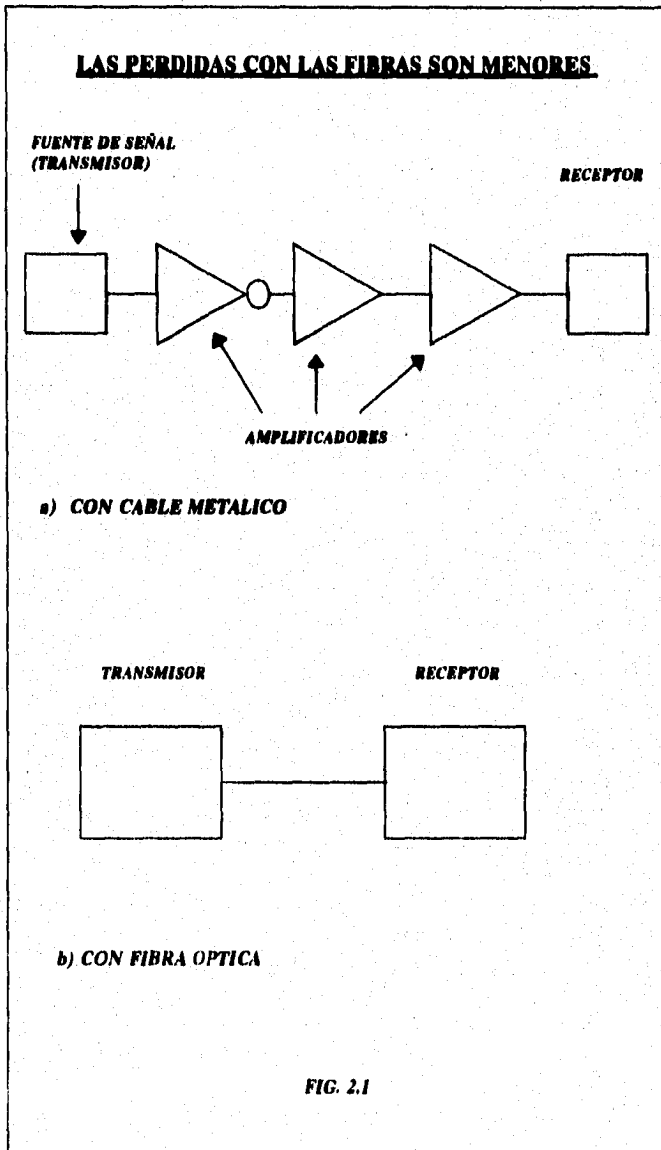
PERDIDAS

3.1 PERDIDAS

En un sistema a base de fibra óptica es necesario conectar el portador a los equipos terminales y muchas veces conectarse entre sí, secciones consecutivas de fibra cuando la longitud total de la instalación es superior a la que puede suministrarse de fábrica o cuando han de intercalarse equipos intermedios, es aquí donde encontramos un factor muy importante en la conexión de la fibra, este factor se conoce como "pérdidas" ya que la conexión entre la fibra y los equipos terminales o los intermedios, debe existir la menor pérdida posible en el flujo energético transmitido, al menor costo (RELACION $\frac{COSTO}{BENEFICIO}$).

Este factor es de gran importancia en la conexión de la fibra, como en la transmisión de señales o largas distancias. Las pérdidas que existen son mucho menores no exigiendo la amplificación intermedia, como ocurre en la mayoría de los casos cuando se usa conductores metálicos comunes.

PERDIDAS



PERDIDAS

Evidentemente la cantidad de luz que llega al final de una fibra óptica es menor que la que se aplica en el comienzo. Ocurre entonces que las pérdidas pueden deberse a diversos factores en la conexión por ejemplo, imperfecciones de la propia fibra óptica, la absorción del material, en la inserción del transmisor a la fibra, en el conector, en los empalmes que se pueden tener, en la inserción del receptor a la fibra y otras. (Fig. 3.2)

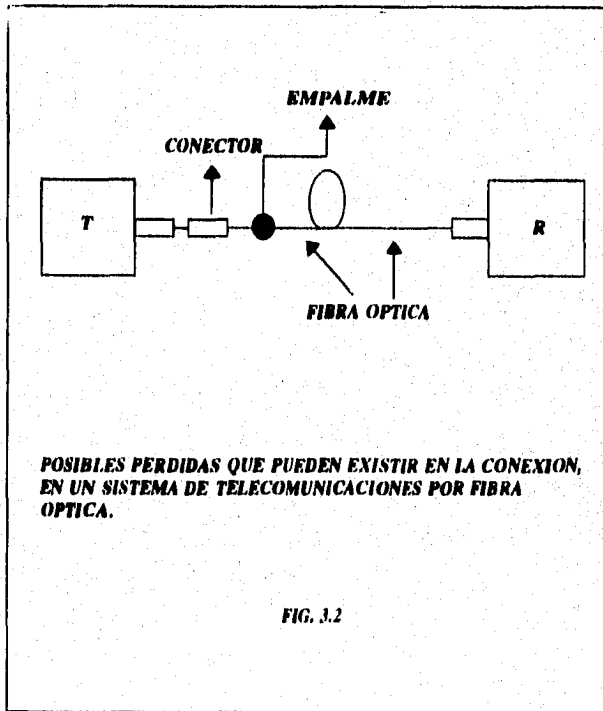


FIG. 3.2

PERDIDAS

Las pérdidas que ocurren en una fibra sigue una relación del tipo exponencial, característica de muchos fenómenos. De la física sabemos que las relaciones de este tipo pueden utilizarse mucho mejor y más fácilmente evaluadas en un cálculo, si usamos también una unidad que tenga una expresión logarítmica esta unidad es justamente el dB. Con la utilización del dB, la misma curva de pérdidas se vuelve lineal, según se muestra en la figura. 3.3.

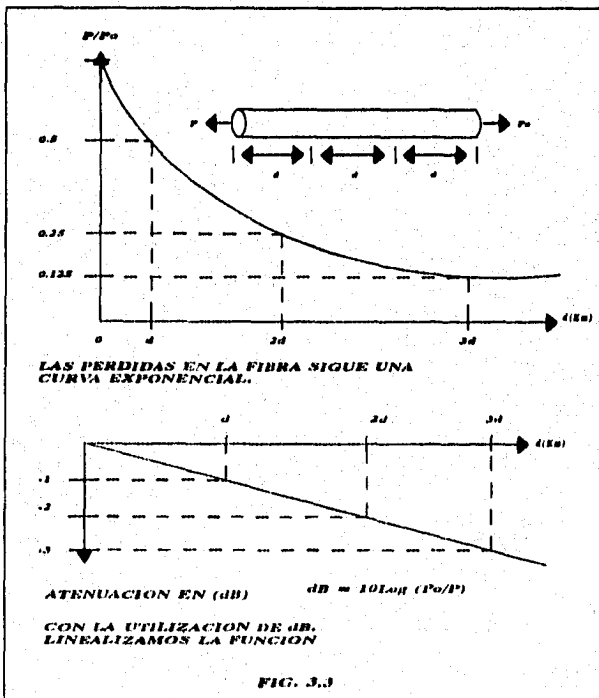


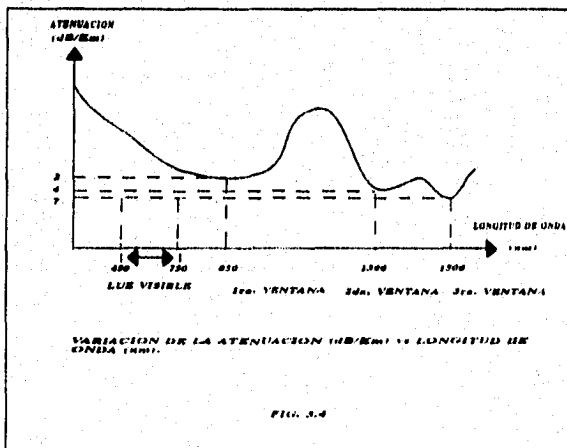
FIG. 3.3

PERDIDAS

Se han mencionado las pérdidas que pueden existir en la conexión de un sistema a base de fibra óptica, pero no se ha definido este factor. Se define la pérdida o atenuación a la relación entre las potencias luminosas que pueden existir a la salida y a la entrada, expresada en decibeles.

Por lo tanto, el termino "atenuación", se usa para medir la pérdida de la potencia óptica de un haz de luz que viaja por la fibra. La atenuación se mide en dB/km y esta en función de la longitud de onda.

Existen ciertas longitudes de onda denominadas ventanas indicadas en la fig. 3.4, para las cuales la atenuación de la luz resulta mínima. La primera ventana corresponde a aproximadamente 850 nm (nanometros), la segunda a 1300 nm y la tercera 1550 nm. De las tres ventanas la correspondiente a 1550 nm es la que presenta menor atenuación.



PERDIDAS

Con lo referente a lo anterior es importante considerar que siendo la longitud del sistema mayor, en la mayoría de los casos, a la longitud de las bobinas del cable habrá que recurrir a la unión de empalmes en las fibras y sus cubiertas. Además la unión entre los cables exteriores y los equipos terminales o los intermedios, debe hacerse mediante conexiones desmontables, llamas conectores. Por último el cable sufrirá deformaciones en su instalación, muchas de las cuales serán permanentes y también estará sometida a la acción de los factores externos.

Este conjunto de eventos produce en las fibras una atenuación suplementaria a la que viene especificada de fábrica. Su análisis y cuantificación constituye una parte importante de la tecnología de las fibras ópticas, porque así se puede examinar las diversas causas de pérdidas que pueden ocurrir en la conexión de la fibra y tener la solución tecnológica que permita reducirlas.

CAPITULO IV

PERDIDAS EN LA CONEXION DE LA FIBRA.

4.1 PERDIDAS EN LA CONEXION DE LA FIBRA.

En un sistema de telecomunicación por fibra óptica es necesario conectar el cable a los equipos terminales y muchas veces conectar entre sí secciones consecutivas de fibra, ya sea para alargar un enlace, o un detector a la fibra de enlace, o cuando sea necesario hacer una derivación en el enlace de la fibra. Esta conexión debe ser tal que haya la menor pérdida posible en el flujo energético transmitido. La pérdida en una conexión equivale a una disminución de la longitud máxima admisible de la sección de modo que deben optimizarse los métodos de unión fija o desmontable de fibras para que tales pérdidas sean mínimas.

4.2 CAUSAS DE LAS PERDIDAS.

La fibra óptica es un canal de transmisión o de propagación de la luz que tiene características propias ligadas a su capacidad de propagación del flujo energético. Estas características intrínsecas de la fibra son la apertura numérica, el diámetro en el núcleo y el perfil del índice. Cada fibra posee sus propias características intrínsecas; así cuando se unen o se conectan dos fibras, hay un defecto de continuidad en el mecanismo de propagación, lo que puede causar pérdidas. Es necesario hacer la instalación de manera que el flujo energético pueda acoplarse en la fibra receptora. La instalación nunca es perfecta por lo que se originan pérdidas que no se debe a la fibra si no a la técnica de instalación.

Las pérdidas de conexión en empalmes y conectores entre fibras pueden ser por factores intrínsecos o por factores extrínsecos (pérdidas debidas a factores externos).

4.3 PERDIDAS EXTRÍNECAS.

Pérdidas debido a factores externos a la fibra que están en relación con el método utilizado para su conexión. Tales pérdidas se devén a:

- Desplazamiento transversal de los extremos de las fibras. Esta falta de alineación equivale a una disminución de la sección útil del núcleo de la fibra, con la correspondiente repercusión en los parámetros de transmisión.
- Separación longitudinal de los extremos a unir. Provoca un cambio en el índice de refracción del medio para la luz incidente, lo que puede dar lugar a la fuga de modos en FMM (Fibras Monomodo) y en general a pérdidas por desadaptación de índices.
- Desviación angular de los ejes de las fibras enfrentadas. Modifica el ángulo de incidencia del haz de luz en la segunda sección de fibra lo que se traducirá en energía pérdida.
- Pérdidas por cambio en el índice de refracción (pérdidas de Fresnel). Las pérdidas de Fresnel se devén al cambio en el índice de refracción al variar el medio, provocando reflexión de señales por desadaptación de los índices.
- Pérdidas por irregularidades del extremo de la fibra (cortes imperfectos: perdidas de Fresnel). El corte deberá ser perpendicular a las caras de las fibras Fig. 4.1

PERDIDAS EN LA CONEXION DE LA FIBRA

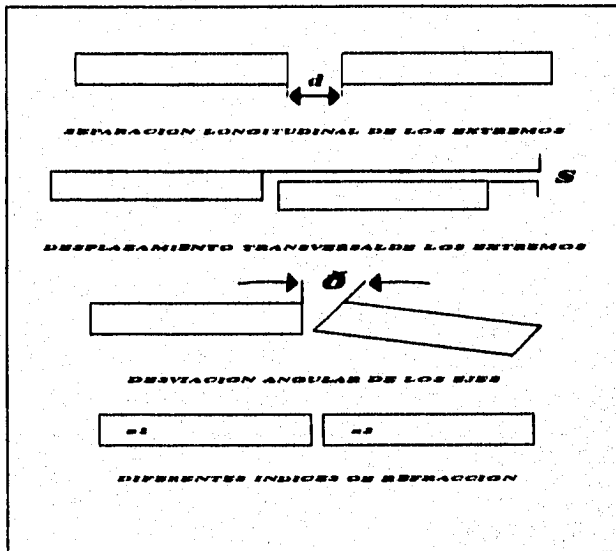
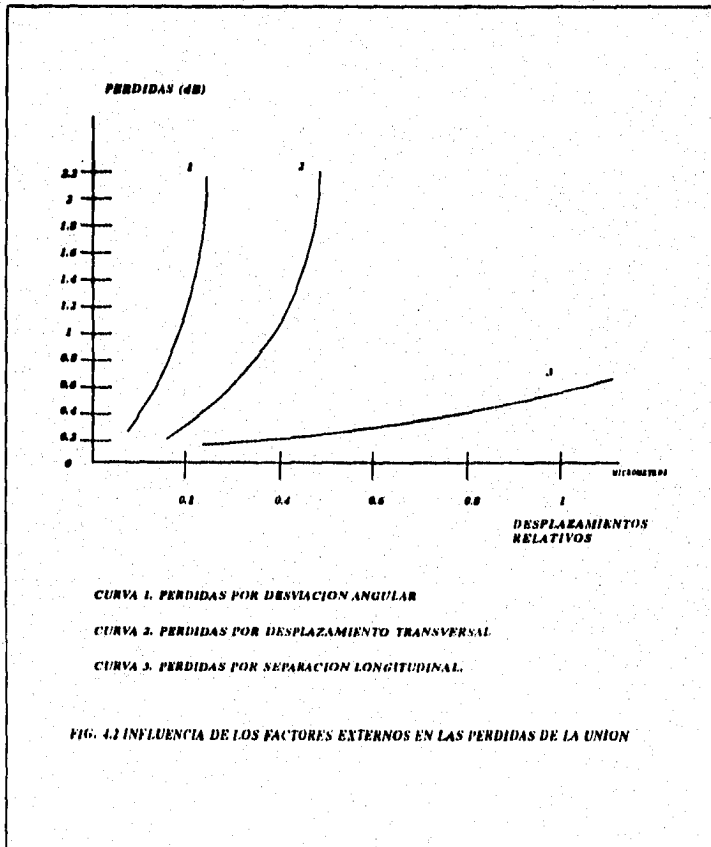


Fig. 4.1 Pérdidas en Uniones de Fibras.

Se han desarrollado modelos para estudiar y cuantificar el peso de cada uno de los factores expuestos en el total de pérdidas de la unión. Así, se comprueba que la sensibilidad a la desviación de ejes es mucho mayor que el desplazamiento transversal. En cuanto a las pérdidas por separación longitudinal a las debidas a corte irregular de los extremos o separación de los mismos tienen efectos similares: las reflexiones de Fresnel, que se pueden disminuir mediante la incorporación de materiales adaptadores de índice de refracción.

PERDIDAS EN LA CONEXION DE LA FIBRA

En la fig. 4.2 se muestra la influencia de los factores externos a las fibras relativas al caso de fibras de índice gradual donde se aprecia todo lo expuesto antes. Las pérdidas son más críticas en el caso de fibras monomodo, particularmente las debidas a desplazamiento transversal de los ejes (menos energía por la fibra).



PERDIDAS EN LA CONEXION DE LA FIBRA

4.4 PERDIDAS INTRINSECAS.

Las pérdidas por factores intrínsecos a las fibras se relacionan con las propiedades de las fibras que se unen y entre ellas están:

- **Variación del diámetro del núcleo.** La propagación se realiza de una fibra 1 hacia una fibra 2. La fibra uno constituye entonces el (emisor). Si se supone una distribución homogénea de modos en la fibra 1, el flujo energético es proporcional a la superficie.

La pérdida en el acoplamiento es entonces:

a_1 = Fibra uno

P_ϕ = Pérdidas por diferencia de diámetro

a_2 = Fibra dos

$$\text{Si } a_1 > a_2 \quad P_\phi = 10 \log \frac{P_2}{P_1} = 10 \log \left(\frac{a_2}{a_1} \right)^2 \quad **$$

$$\text{Si } a_1 < a_2 \quad P_\phi = 0$$

** Se define la pérdida o atenuación en el interior de una fibra como la relación entre las potencias luminosas a la salida o a la entrada, expresada en decibelios y calculada para determinada longitud de onda λ .

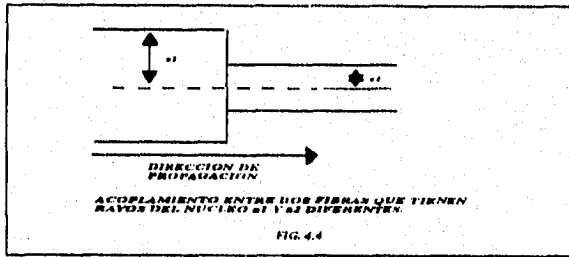
$$P(\lambda) \quad (dB) = 10 \log \frac{P_T}{P_R}$$

P_T = Pérdidas del transmisor.

P_R = Pérdidas del receptor.

PERDIDAS EN LA CONEXION DE LA FIBRA

Refiriéndose a la variación del diámetro del núcleo, se encuentra este tipo de pérdida en dos casos: el primero es cuando las dos fibras por acoplar son diferentes. El segundo caso es cuando se aplican dos fibras con el mismo diámetro de núcleo. Si se consideran las limitaciones de fabricación es imposible obtener un diámetro constante. Existen necesariamente variaciones de diámetro. Cuando se acoplan dos fibras idénticas hay, por tanto pérdidas asociadas a las tolerancias en diámetro. es necesario notar que las pérdidas de tolerancia intervienen siempre, aun si se acoplan dos fibras diferentes. (fig. 4.4)



- Variación de la apertura numérica. Si la fibra dos tiene una apertura numérica inferior a la del "emisor" (la fibra 1), todo el flujo energético emitido por la fibra 1 no se acopla a la fibra 2. La pérdida es:

$A.N_1$ = Apertura numérica de la fibra uno.

$A.N_2$ = Apertura numérica de la fibra dos.

$$\text{Si } A.N_2 < A.N_1 \quad D_{A,N} = 10 \log \left(\frac{A.N_2}{A.N_1} \right)^2 **$$

$$\text{Si } A.N_2 > A.N_1 \quad D_{A,N} = 0$$

PERDIDAS EN LA CONEXION DE LA FIBRA

Este tipo de pérdidas se puede producir cuando se escogen deliberadamente dos fibras de aperturas numéricas diferentes o de la tolerancia de fabricación sobre la apertura numérica de una misma fibra. Puede ser que las tolerancias repercutan en una disminución de las pérdidas. Se puede esperar entonces que una pérdida descienda hasta 2.1 dB. Sin embargo en un calculo de perdidas de enlace, se deben considerar las peores condiciones. En el caso de una fibra de índice gradual, A.N es A.N (0), es decir la apertura numérica que corresponde a la inyección de luz en el centro del núcleo de la fibra.

El acoplamiento de una fibra del índice gradual ($\alpha = 2$) con una fibra de índice escalonado ($\alpha = 1$) ocasiona una perdida de 3 dB si la propagación se realiza en el sentido fibra de índice escalonado hacia fibra de índice gradual, y de 0 dB si la propagación se realiza en el otro sentido. Esto significa que con igual apertura numérica, una fibra con índice gradual parabólico transporta la mitad de modos que una fibra de índice escalonado.

Las tolerancias en la fabricación de las fibras producen pérdidas por acoplamiento. Es bueno hacer resaltar sin embargo que es poco probable que las variaciones relativas a los diámetros o las aperturas numéricas y a los perfiles del índice ocurran simultáneamente en el sentido de la pérdida y que este sea máxima lo que correspondería los valores máximos de todos los parámetros (a , A.N, α). Las pérdidas mayores debidas a factores intrínsecos se producen cuando aparecen desadaptación en los radios de los núcleos, al pasar la luz del mayor diámetro al menor, pudiendo llegar en casos desfavorables hasta 2 dB.

Las pérdidas de conexión se dan estadísticamente, expresando la pérdida admisible para determinado nivel de confianza, normalmente superior al 90%.

CAPITULO V

EMPALMES, CONECTORES Y ACOPLADORES.

5.1 EMPALMES, CONECTORES Y ACOPLADORES.

Las instalaciones optoelectronicas, aparte del transmisor receptor y la fibra óptica, necesitarán en general de elementos necesarios para su conexión como son: repetidores, empalmes, conectores y acopladores.

Se entiende por empalme la unión permanente de dos secciones de fibra, por lo que distinguirá del conector en que la unión que se consigue a través de este es desmontable aunque a veces se hacen empalmes desmontables (uniones a tope), como en el caso de los cables de cinta.

La unión por empalme es necesaria en la mayoría de los casos por propia longitud de la instalación; las pérdidas que presentan estos elementos son de gran importancia en la transmisión óptica, ya que pueden ayudar en el balance del sistema, y por lo tanto se debe optimizar el método de unión para que las pérdidas sean mínimas.

5.1.1 EMPALMES.

Son interconexiones en la mayoría de las veces permanentes entre fibras ópticas; es importante que el núcleo de la misma este correctamente alineado con las zonas activas del emisor y del receptor.

Las uniones de fibras por empalme se pueden efectuar fibra a fibra (empalme simple) o mediante empalmes múltiples, solución más práctica en el caso de cables de gran número de conductores.

EMPALMES, CONECTORES Y ACOPLADORES

En cualquier caso las soluciones pueden ser:

- Empalme mecánico.
- Empalme con pegamentos.
- Empalme por fusión

5.1.2 EMPALME MECANICO.

Es un tipo de empalme que aprovecha la circunstancia de la menor sensibilidad de las pérdidas por separación de extremos en las fibras frente a la desviación angular, por lo que se tratará de buscar formas de unión que garanticen en lo posible la alineación de ejes.

Los empalmes mecánicos consisten en unir las fibras cuyos extremos están bien cortados y limpios, permitiendo que la luz pase de una fibra a otra. Las pérdidas son del orden de 0.5dB por empalme aproximadamente.

5.1.3 EMPALME POR FUSION.

El empalme por fusión consiste en unir fibras y calentarlas hasta que se obtiene el punto de fusión; las pérdidas obtenidas son del orden de 0.2dB.

Este procedimiento, que aporta suficiente exactitud es el más adecuado en empalmes, en lo que hay que tener precaución es en el método a elegir. Si se elige un método inadecuado para el empalme de fibras monomodo por las fuertes pérdidas que introducirá el más mínimo error de alineación, por lo que ha de recurrirse a alinear no ya a los revestimientos, sino el haz luminoso que emerge de una fibra para llegar a la otra.

EMPALMES, CONECTORES Y ACOPLADORES

Este sistema proporciona las menores pérdidas, normalmente entre 0.05 y 0.1 dB, e incluso inferiores, aunque por seguridad se suelen adoptar valores del orden de 0.2 dB en los cálculos de pérdidas en empalmes.

Al realizar empalmes y conexiones se introducen atenuaciones causadas por diferentes factores. En un empalme o conexión pueden estar presentes uno o varios factores que introducen atenuación. En la tabla 5.1 se presentan niveles típicos de atenuación por diferentes factores.



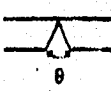
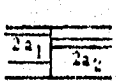
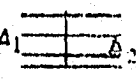
Causas que introducen pérdidas	Empalme	Error	
		Monomodo	Gradual
Desalineamiento		$x = 2 \mu m$	$x = 2 \mu m$
		0.74 dB	0.06 dB
Inclinación de ejes		$\theta = 1^\circ$	$\theta = 1^\circ$
		0.46 dB	0.15 dB
Inclinación de las caras		$\theta = 1^\circ$	$\theta = 1^\circ$
		0.21 dB	0.03 dB
Diferencia de núcleos		$2a_1 = 10 \mu m$ $2a_2 = 8 \mu m$	$2a_1 = 50 \mu m$ $2a_2 = 48 \mu m$
		0.02 dB	0.15 dB
Diferencia de índices		$\Delta_1 = 0.2\%$ $\Delta_2 = 0.25\%$	$\Delta_1 = 1.0\%$ $\Delta_2 = 0.0\%$
		0.13 dB	0.32 dB

Tabla 5.1 Atenuaciones típicas causadas por diferentes factores.

5.2 CONECTORES.

Son interconexiones desconectables. Generalmente las pérdidas que se producen en las conexiones se devén a desplazamientos laterales de los ejes de las fibras. Para obtener una unión correcta y de bajas pérdidas, las superficies de las fibras devén ser planas, y estas enfrentadas entre sí en forma paralela.

Los conectores se utilizan en general para acoplar a las fibras, aplicar con el transmisor y/o con el receptor. La conexión entre fibras también es posible con el uso de los "conectores a tope". Mediante el acoplamiento a tope de ambas fibras, cuyos extremos devén estar perfectamente cortadas y limpios, se logra disminuir la pérdida, introducida por el conector a aproximadamente 0.5dB.

Otro tipo de conectores es el que utiliza lentes colimadores. Esta técnica disminuye la posibilidad de degradación dado que en caso de rasgarse la superficie de la lente no es tan crítica como la que se produce en una ralladura en la superficie de la fibra. Con lentes colimadores las pérdidas obtenidas son del orden de 1 dB. Las atenuaciones típicas introducidas por diferentes conectores a las fibras multimodo y monomodo se ilustran en la tabla 5.2.

EMPALMES, CONECTORES Y ACOPLADORES

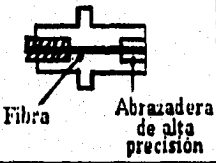

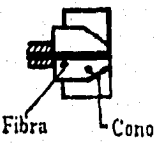
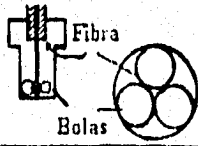
Conector	Tipo	Fibra	Pérdidas	Colocación
Abrazadera de alta Precisión	 <p>Fibra Abrazadera de alta precisión</p>	IG M	0.1 dB 0.3 dB	En el lugar
De lentes	 <p>Fibra Lente</p>	IG	0.8 dB	Fábrica
Bicónico	 <p>Fibra Cono</p>	IG M	0.2 dB 0.3 dB	En el lugar
Bolas	 <p>Fibra Bolas</p>	IG	0.7 dB	En el lugar

Tabla 5.2 Atenuaciones típicas.

EMPALMES, CONECTORES Y ACOPLADORES

5.3 ACOPLADORES.

Son componentes sencillos, llamados acopladores, que transfieren potencia óptica entre guía ondas. La transferencia de potencia resultante se determina en función de la longitud de la zona de interacción. Suelen ser dispositivos sencillos de 4 puertos, 2 de entrada y 2 de salida, cuyo fundamento es el acoplamiento por desvanecimiento de los campos ópticos en el exterior de los núcleos al aproximarlos. Son intrínsecamente selectivos de longitud de onda, y por ello pueden emplearse para separar o combinar señales de diferente longitud de onda.

Hay dos categorías de acopladores, los acopladores por reflexión y los acopladores por transmisión. Tómese por ejemplo una caja acopladora compuesta por puertos del lado A y partes del lado B. (fig. 5.1)

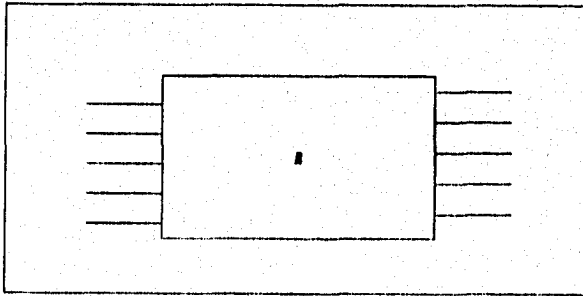


Fig. 5.1 Caja Acopladora

EMPALMES, CONECTORES Y ACOPLADORES

5.3.1 ACOPLADORES POR TRANSMISION.

La luz procedente de un puerto A pasa a todo los puertos del lado B pero ninguna luz sale por los puertos del lado A. Si el puerto de entrada es del lado B, la luz sale por todos los puertos del lado A pero no sale por los puertos del lado B.

5.3.2 ACOPLADOR POR REFLEXION.

La luz procedente de un puerto del lado A sale por todos los puertos del lado A o del lado B incluido el puerto de entrada. Para hacer un acoplador por transmisión a dos puertos A y dos puertos B. Se utilizan dos fibras, la luz penetra en la cubierta común a las dos fibras y después entra en el núcleo de la segunda fibra, así una parte de la luz de una de las fibras pasa hacia la otra.

Estos dispositivos son caros e introducen pérdidas de alrededor de 5 dB para el acoplador por transmisión y de 15 a 30 dB para los acopladores por reflexión (30 a 40 puertos).

CAPITULO VI
CASO PRACTICO

CASO PRACTICO

Suponemos un sistema de comunicación por fibra óptica y se quiere calcular el presupuesto de potencia del sistema. Tenemos un margen dinámico de 33 dB. En el transmisor el diámetro de salida es de 100 μm , su apertura numérica es de 0.30. Las pérdidas por inserción del conector de 1.0 dB. El primer tramo del cable es de 85/125 μm con una apertura numérica de 0.25, la atenuación es de 5 dB/Km y la longitud es de 3 Km. El conector tiene una pérdida de 1.5 dB. El segundo tramo del cable es de 100/140 μm su apertura numérica es de 0.5, su atenuación es de 4 dB/Km y la longitud es de 2.5 Km. El receptor es de un diámetro de 150 μm , la apertura numérica es de 0.4 y la pérdida por inserción del conector es de 1.5 dB.

DATOS:

MARGEN DINAMICO	33 dB
DIAMETRO DEL TRANSMISOR	100 μm
A.N.	0.30
PERDIDAS POR INSERCIÓN DEL CONECTOR	1.0 dB
1er TRAMO DEL CABLE	85/125 μm
A.N.	0.25
ATENUACION	5 dB/Km
LONGITUD	3 Km
PERDIDA DEL CONECTOR	1.5 dB
2do TRAMO DEL CABLE	100/140 μm
A.N.	0.5

CASO PRACTICO

ATENUACION	4 dB/Km
LONGITUD	2.5 Km
PERDIDA DEL CONECTOR	2.0 dB
DIAMETRO DEL RECEPTOR	150 μm
A.N.	0.4
PERDIDAS POR INSERCIÓN DEL CONECTOR	2.0 dB

SOLUCION :

1er TRAMO ATENUACION DEL CABLE :

$$\text{ATEN. CABLE} = 5 \text{ dB/Km} * 3 \text{ Km} = 15 \text{ dB}$$

2do TRAMO ATENUACION DEL CABLE :

$$\text{ATEN. CABLE} = 4 \text{ dB/Km} * 2.5 \text{ Km} = 10 \text{ dB}$$

PERDIDAS POR A.N.

PERDIDAS ENTRE EL TRANSMISOR Y EL 1er TRAMO DE CABLE

$$P_{A.N.} = \log_{10} \left(\frac{A.N._T}{A.N._R} \right)^2$$

$$P_{A.N.} = \log_{10} \left(\frac{0.30}{0.25} \right)^2 = 0.1243 \text{ dB}$$

PERDIDAS ENTRE EL 1er TRAMO DE CABLE Y EL 2do TRAMO

$$P_{A.N.} = \log_{10} \left(\frac{0.25}{0.50} \right)^2 = -0.6020 \text{ dB} \quad \text{equivalente a cero pérdidas}$$

CASO PRACTICO

PERDIDAS ENTRE EL 2do TRAMO Y EL RECEPTOR

$$P_{i.v.} = \log_{10} \left(\frac{0.50}{0.40} \right)^2 = 0.1983 \text{ dB}$$

PERDIDAS TOTALES $P_{A.N} = 0.3226 \text{ dB}$.

PERDIDAS DIFERENCIA DE DIAMETRO (ϕ)

$$P_{\phi} = \log_{10} \left(\frac{\phi_T}{\phi_R} \right)^2$$

$$P_{\phi} = \log_{10} \left(\frac{100 \mu m}{85 \mu m} \right)^2 = 0.1411 \text{ dB}$$

$$P_{\phi} = \log_{10} \left(\frac{85 \mu m}{100 \mu m} \right)^2 = -0.1411 \text{ dB} \quad \text{equivalente a cero pérdidas}$$

$$P_{\phi} = \log_{10} \left(\frac{100 \mu m}{150 \mu m} \right)^2 = -0.3521 \text{ dB} \quad \text{equivalente a cero pérdidas}$$

$P_{\phi} \text{ TOTALES} = 0.1411$

PERDIDAS POR INSERCIÓN

$$P_i = 1 + 1.5 + 2 + 2 = 6.5 \text{ dB}$$

PERDIDAS TOTALES

$$P_T = 15 + 10 + 6.5 + 0.3226 + 0.1411$$

$$P_T = 31.4637 \text{ dB}$$

CONCLUSIONES

CONCLUSIONES :

Podemos concluir que hoy en día, la aplicación de la tecnología de las fibras ópticas a las comunicaciones y a otros medios se ha incrementado cada día como resultado de la creciente demanda por su ancho de Banda y por sus características de transmisión que la hacen inherentemente superior a la comunicación por cables de cobre.

Una de las características de transmisión que tiene un gran interés sin duda alguna son las "Pérdidas". Porque cualquiera que fuese el tipo de fibra utilizado, además de la conexión entre los equipos terminales o los intermedios existen factores que contribuyen a la degradación de la información de modo que en la recepción, las características de la señal no son idénticas a las transmitidas en origen.

Por otra parte se sabe que son varios los mecanismos de degradación que contribuyen a esta pérdida de energía siendo unos de carácter intrínseco a la fibra, tal como la composición de vidrio y otros de origen externo, causadas por impurezas, defectos de conexión, de geometría de la fibra, etc. También se debe decir que la atenuación adicional que se proporciona por el fabricante es muy variable y puede minimizarse en muchos casos con un estudio adecuado.

Por último se puede concluir que si se tiene un estudio eficiente y adecuado para la conexión a base de un sistema de fibra óptica, puede ayudar de modo considerable a un balance en las pérdidas del sistema y donde también se debe optimizar el método de conexión fija o desmontable de la fibra para que tales pérdidas sean mínimas en el sistema.

GLOSARIO

GLOSARIO

ABSORCION: Es la pérdida de transmisión de una onda electromagnética o de luz ocasionada por impurezas o por imperfecciones en la parte central o núcleo del cable o fibra óptica.

ANGULO DE ACEPTACION: Es aquel en el cual los rayos luminosos alcanzan la apertura de fibra óptica después de lo cual la luz es guiada a través de la fibra luminosa, la luz que no alcanza el ángulo de aceptación correcto se pierde en los recubrimientos de la fibra.

ANCHURA DE BANDA: La anchura de banda se determina por un solo valor y es independiente de la posición de la banda en el espectro de frecuencias.

CUENTIFICACION: Constituye el segundo proceso, luego del muestreo en la digitalización de señales analógicas y consiste en asignar niveles discretos preestablecidos a los pulsos modulados en amplitud obtenidos del proceso de muestreo.

DECIBEL: Unidad logarítmica empleada para expresar las razones o el valor relativo de dos magnitudes de igual naturaleza: dos potencias, dos tensiones, dos corrientes, etc.

DESVIACION ANGULAR: Desplazamiento angular de un eje rotativo.

DISPERSION: Separación, disgregación, cambio en la dirección de una partícula por efecto de un choque con otra partícula o con un sistema de partículas.

ENLACE: Medio de telecomunicación de características específicas entre dos puntos, representada por una trayectoria de comunicación de características determinadas.

INDICE DE REFRACCION: Razón entre la velocidad de fase en el vacío y la velocidad en el medio por el cual puede propagarse una onda.

GLOSARIO

NUCLEO: Es la región central de una fibra óptica a través de la cual se transmite la mayor parte de la potencia óptica.

TASA DE ERROR : Es la relación entre el número de dígitos erróneos recibidos en un periodo especificado con respecto al número total de dígitos recibidos en el mismo periodo.

TELECOMUNICACION: Toda transmisión, emisión o recepción de señales, escritura, imágenes y sonidos o inteligencia de cualquier naturaleza por hilo, radio u otros sistemas ópticos o electromagnéticos.

BIBLIOGRAFIA

TELEINFORMATICA APLICADA VOL. I

Antonio R. Castro Lechtaler

Rubén jorge Fusario.

Mc. Graw-Hill

INTRODUCCION A LA INGENIERIA DE LA FIBRA OPTICA

Bañazar Rubio Martínez

Addison-Wesley Iberoamericana.

SIATEMAS DE COMUNICACION POR FIBRA OPTICA

Hildeberto Jardón Aguilar

Roberto Linares y Miranda

De. Alfaomega

INTRODUCCION A LAS TELECOMUNICACIONES POR FIBRAS OPTICAS

Jean Pierre Nérin

De. Trillas

FIBER OPTIC COMMUNICATIONS DESIGN HANDBOOK

Robert J. Hoss

Mc. Graw-Hill