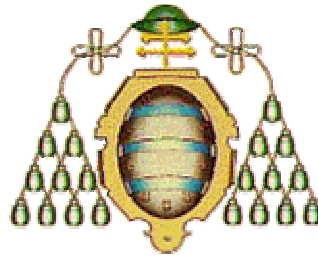


Universidad de Oviedo



Curso:

Fibra Óptica

Juan Carlos Campo Rodríguez. **Area de Tecnología Electrónica**

INDICE

La Fibra Óptica

El Espectro

Leyes de la Refracción

Elementos de la Fibra

Apertura numérica

Tipos de Fibras

Propagación de la luz

Características de las Fibras

Atenuación

Pérdidas por Absorción

Pérdidas por Dispersión

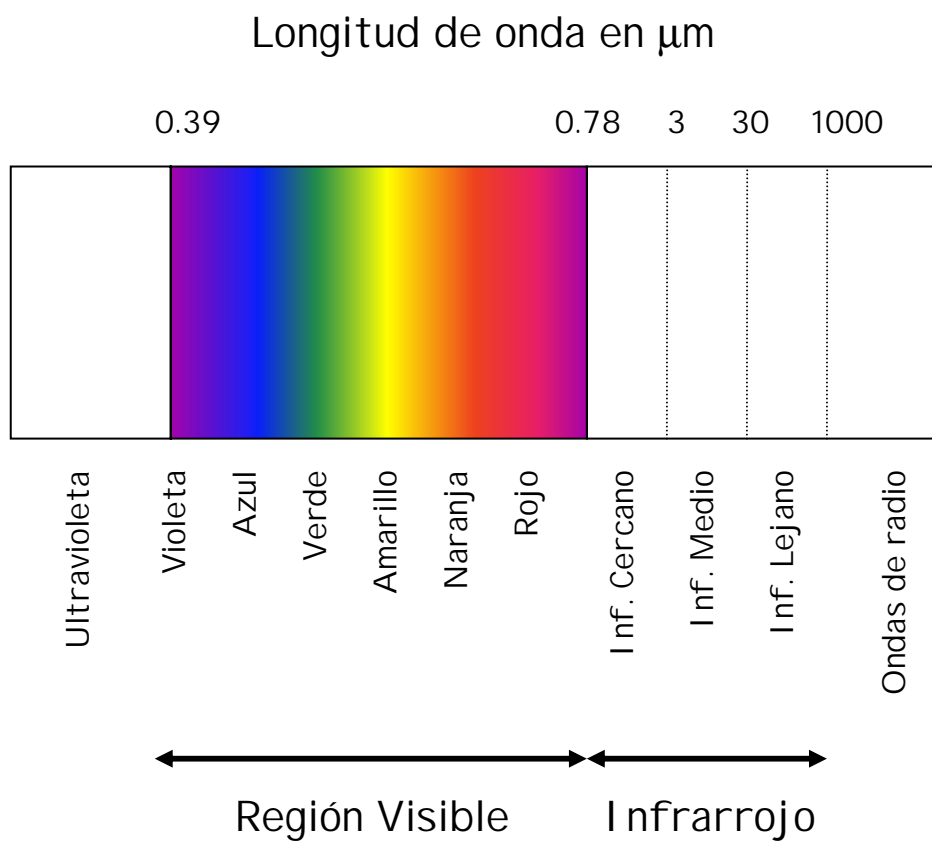
Otras fuentes de Pérdidas

Las Ventanas

Dispersión Modal

Dispersión Cromática

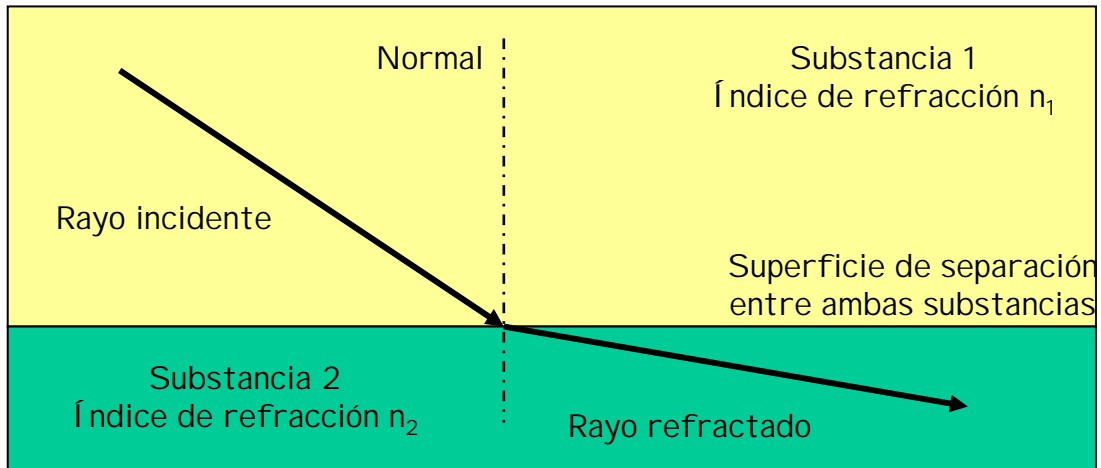
El Espectro



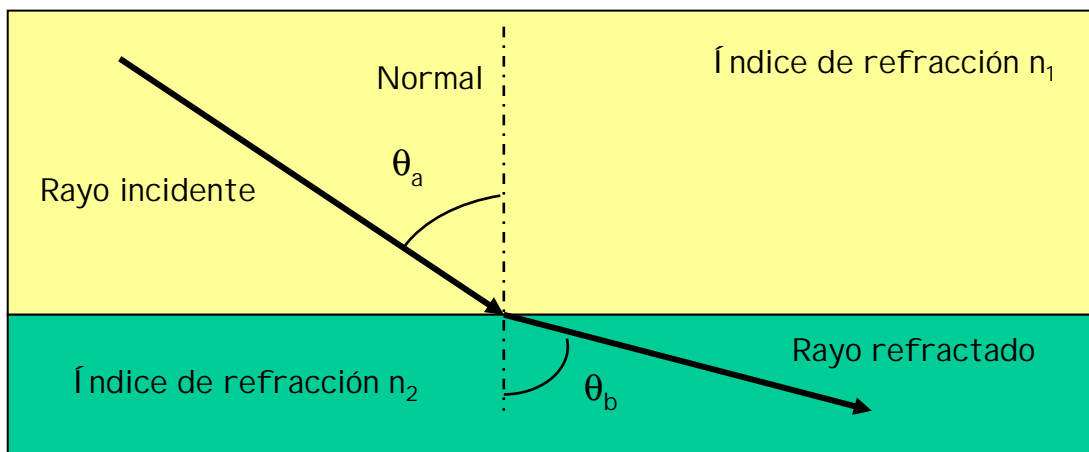
La región más interesante es el [Infrarrojo Cercano](#)

Leyes de la refracción

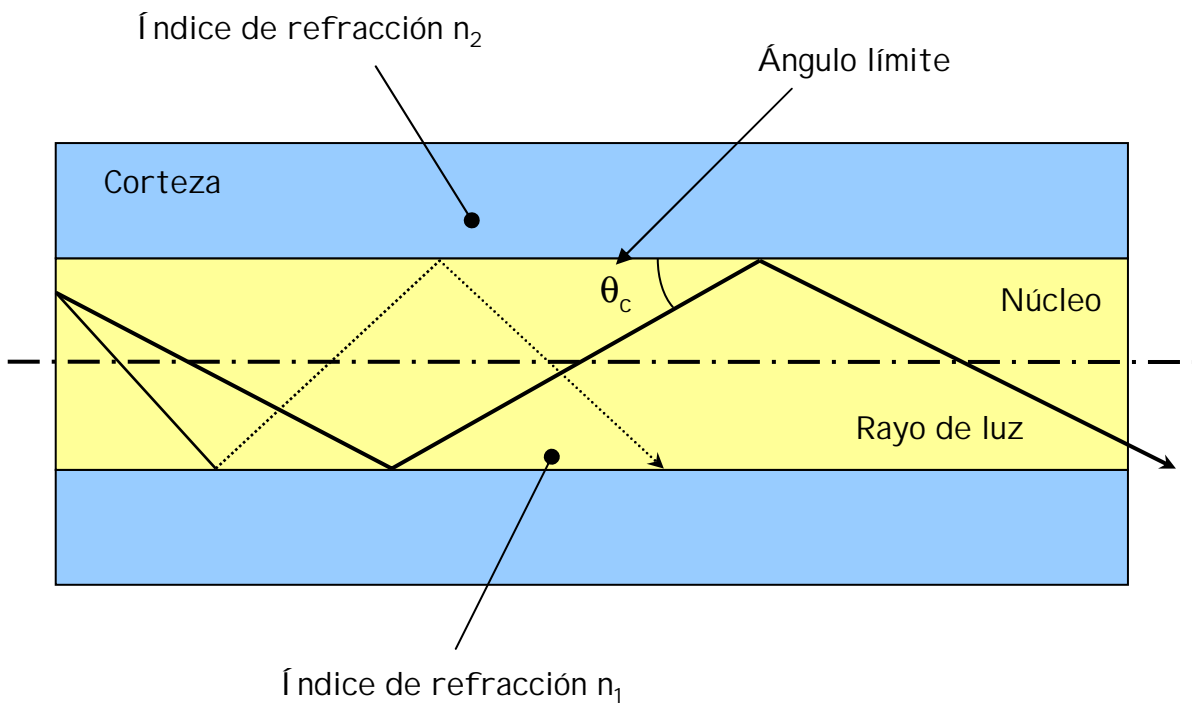
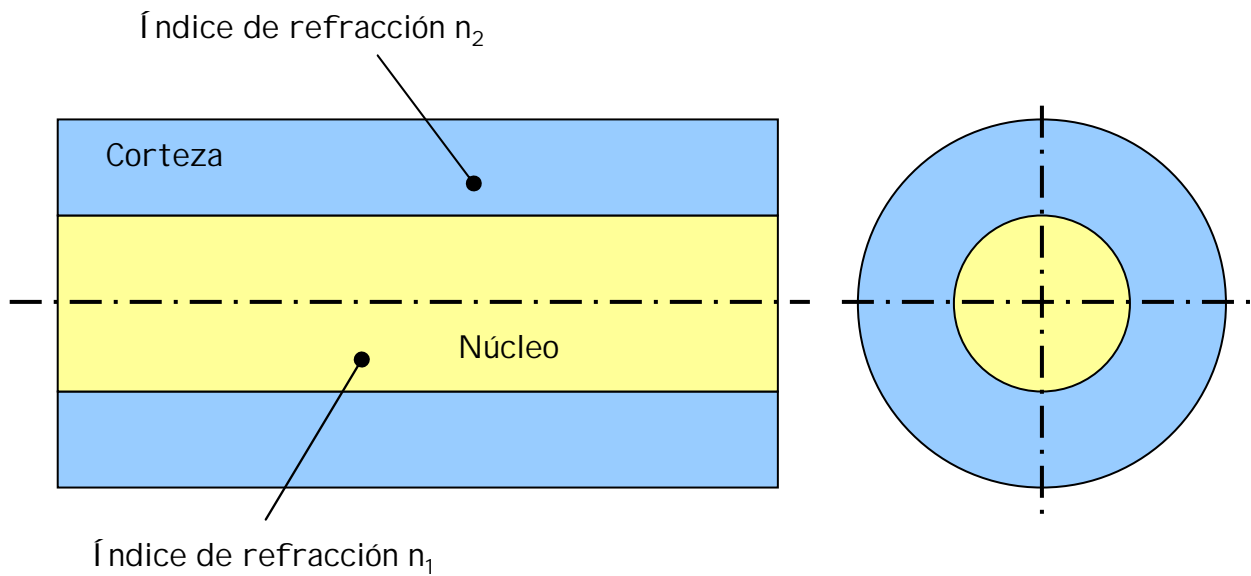
1ª Ley

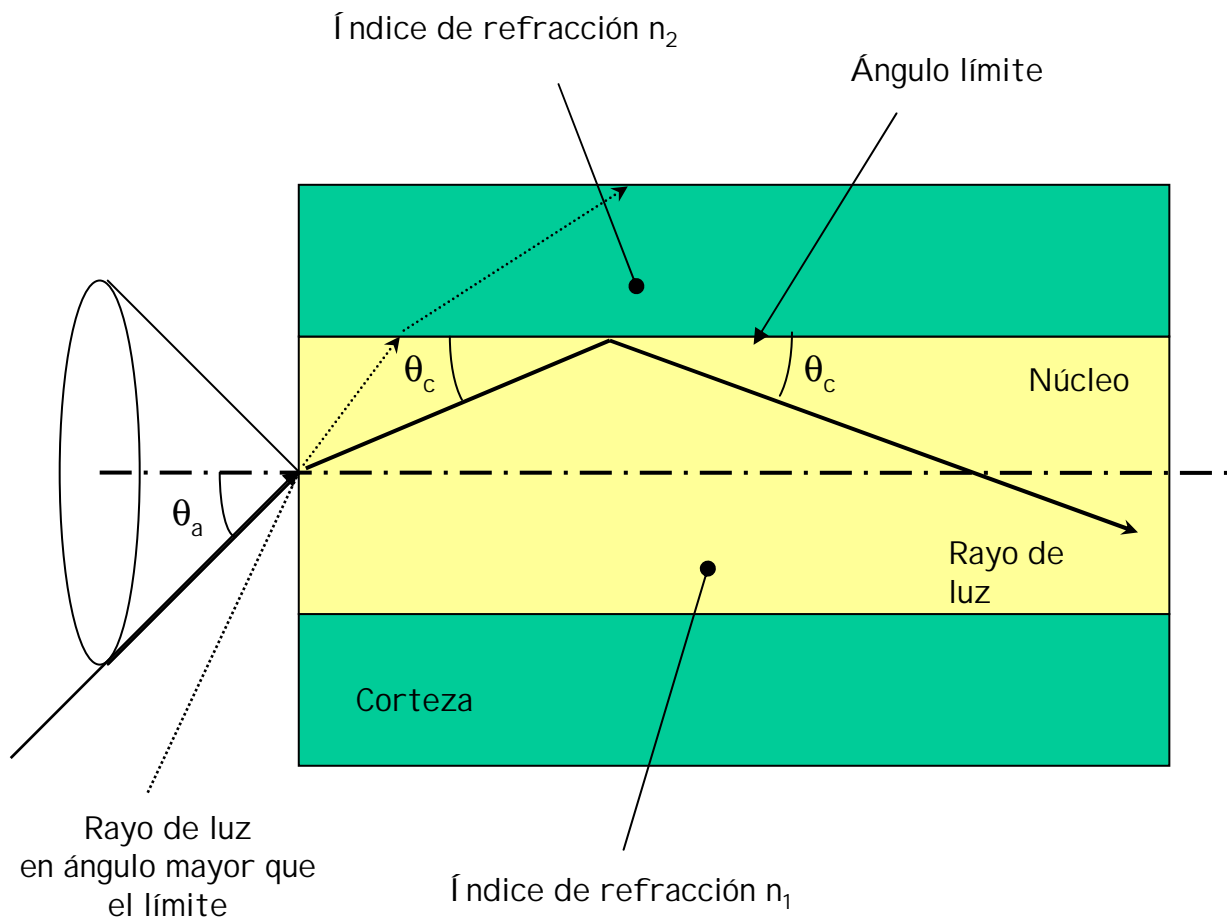


2ª Ley



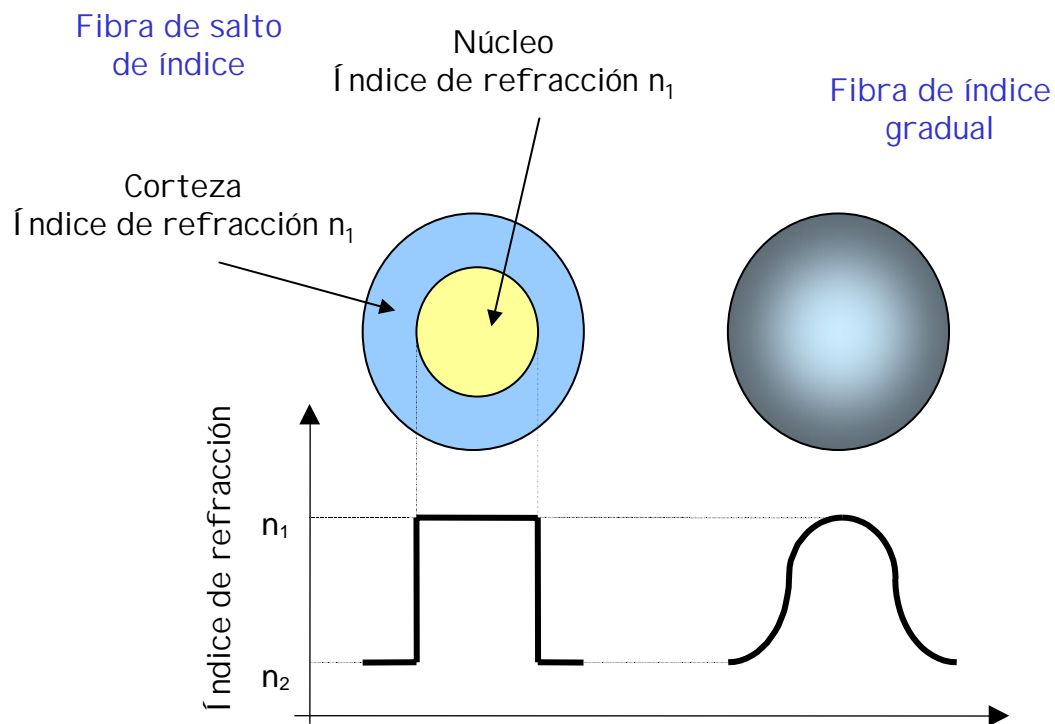
$$\frac{\text{sen } \theta_a}{\text{sen } \theta_c} = \frac{n_2}{n_1}$$



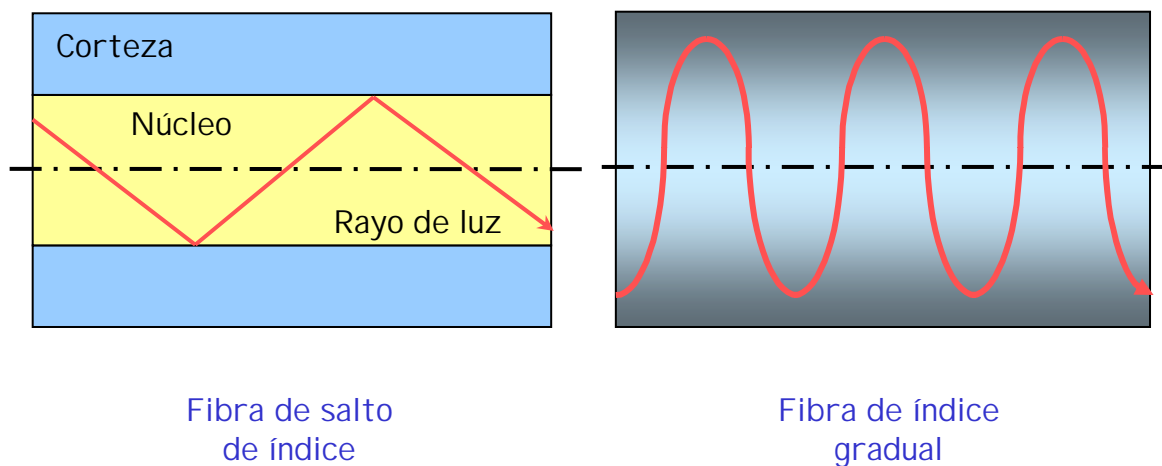
Apertura Numérica

$$AN = n_0 \sen \theta_a = \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$$

Fibras de salto de índice y de índice gradual

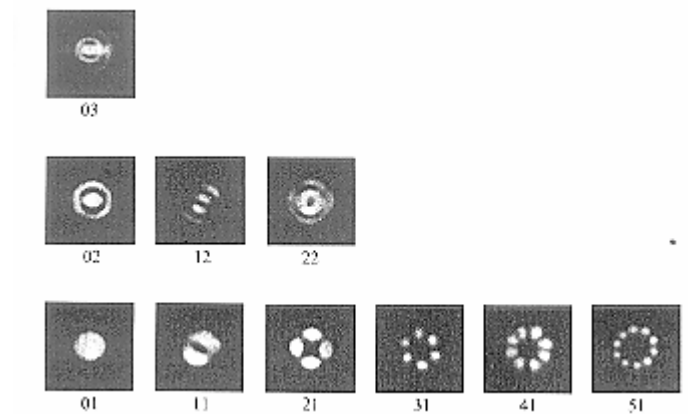


Trayectorias de los rayos en los distintos tipos de fibras



Tipos de Fibras

Propagación de la luz en la fibra: Los MODOS



Primeros modos de propagación de la luz en una fibra

Frecuencia característica

$$V = \frac{2 \cdot \pi}{\lambda} \cdot a^2 \cdot AN^2$$

Si $V < 2.4$

Monomodo

Si $V > 2.4$

Multimodo

Efecto muy pernicioso:
Dispersión modal

Atenuación

Pérdida de la potencia de la luz a medida que se transmite a lo largo de la fibra

$$a(\lambda) = \frac{1}{L} \cdot 10 \cdot \log \frac{P_e}{P_s} \text{ (dB / km)}$$

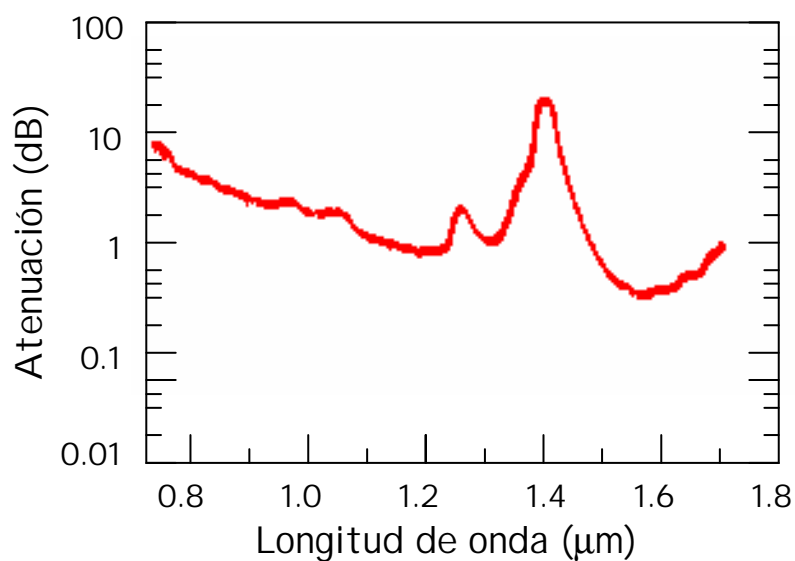
Ps: Potencia luminosa de salida

Pe: Potencia luminosa de entrada

L: Longitud del tramo de fibra óptica

Causas:

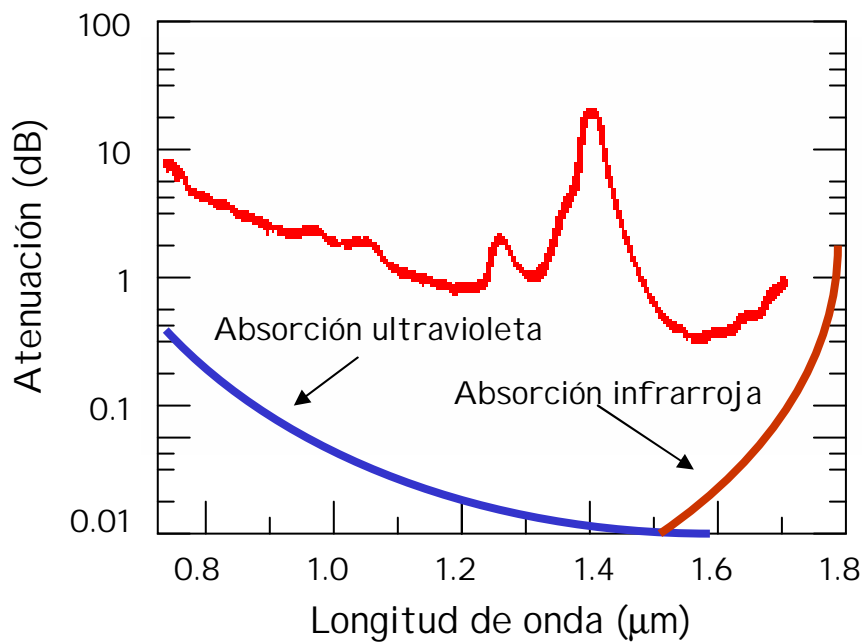
- Pérdidas por Absorción
- Pérdidas por Dispersión (Scattering)
- Otras fuentes de pérdidas



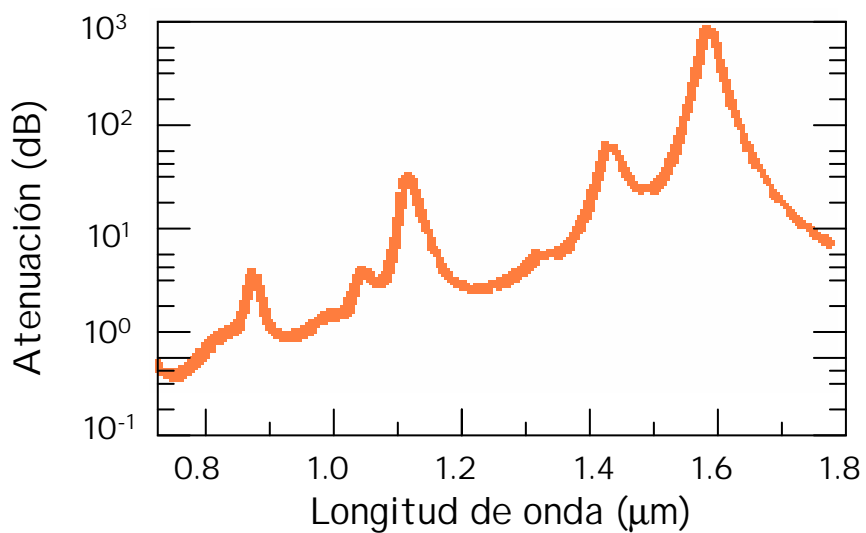
Atenuación (Pérdidas por Absorción)

Atenuación debida a la interacción luz-materia

Absorción intrínseca



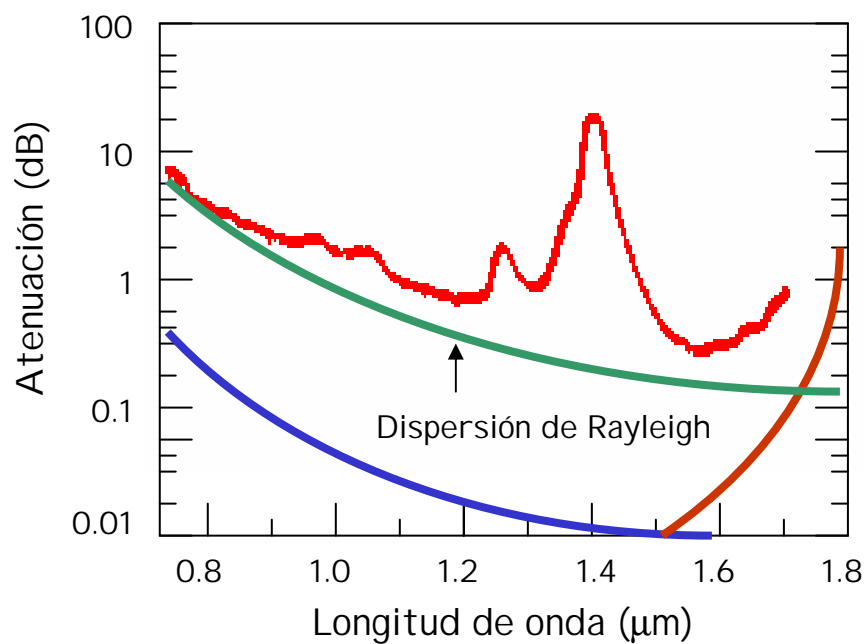
Absorción extrínseca



Características de las fibras: Atenuación

Atenuación (Pérdidas por Dispersión de Rayleigh)

Inversamente proporcionales a la cuarta potencia de la longitud de onda

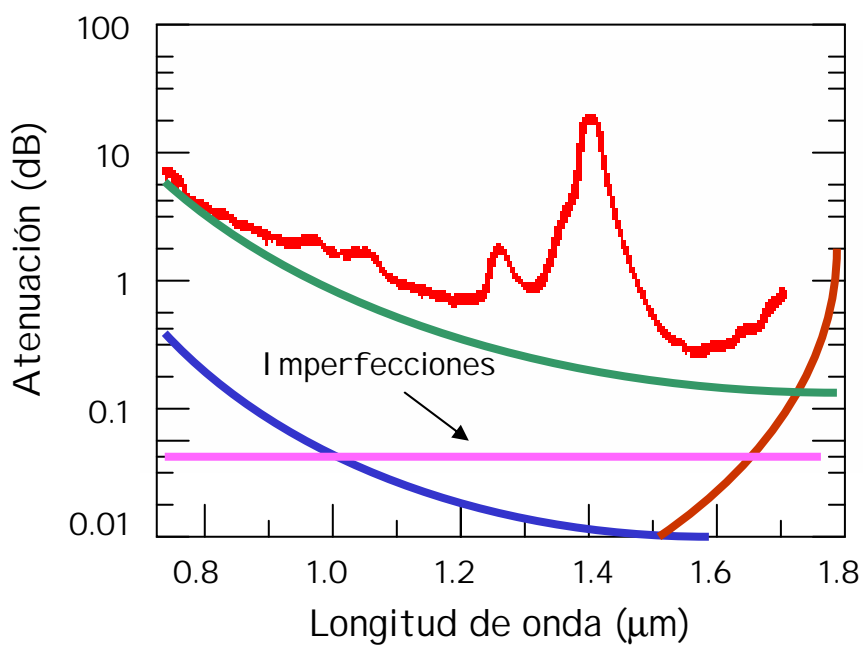
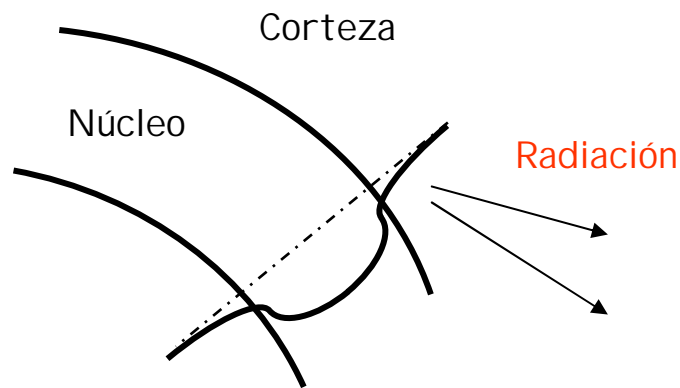


Dependen también del material

Tipo de Material	Pérdidas debido a la dispersión Rayleigh (dB/Km) a 850 nm
Sílice	1.2
Silicato potásico	0.7
Borosilicato sódico	2.3
Silicato de sodio y calcio	0.8

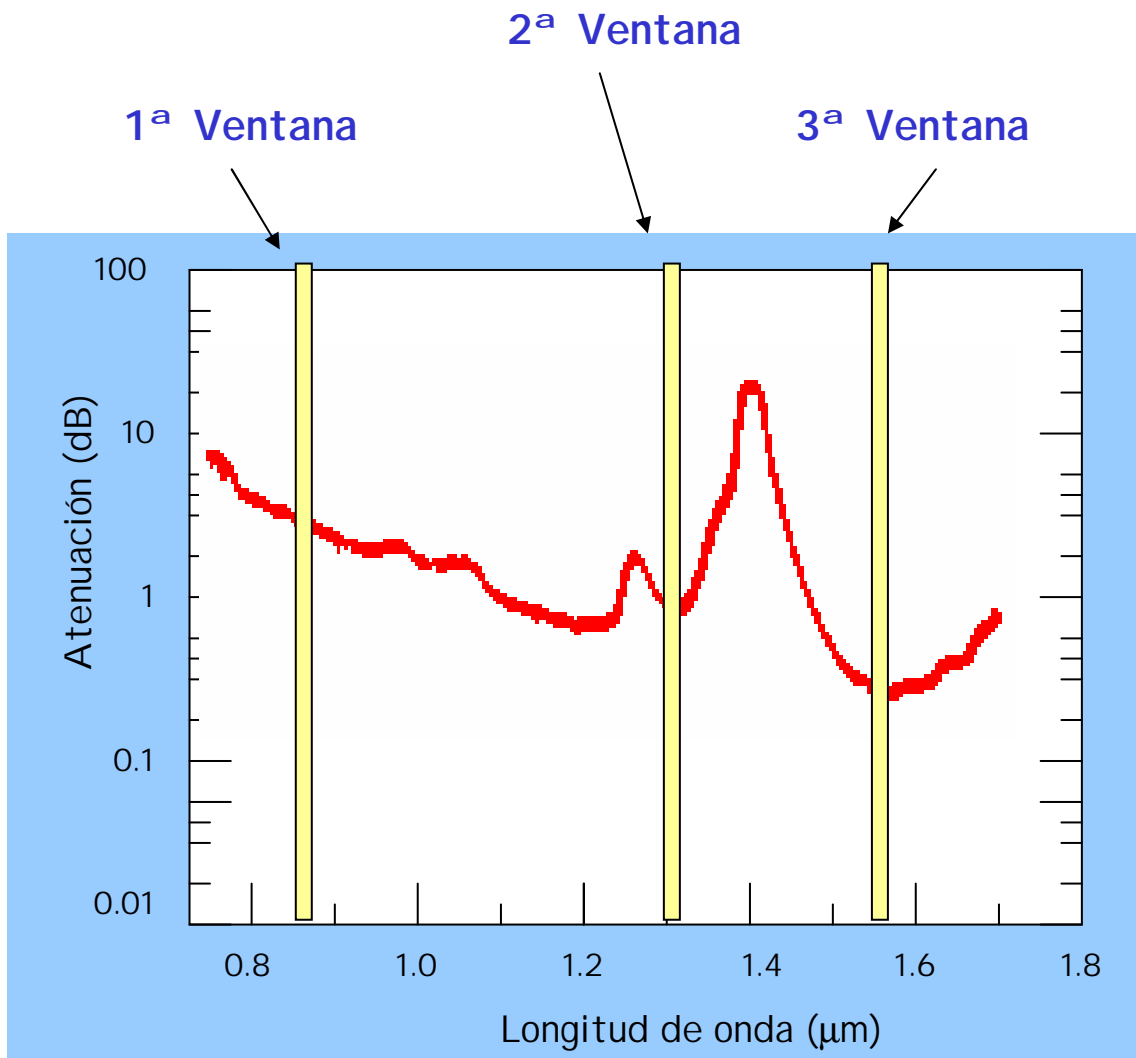
Atenuación (Otras fuentes de pérdidas)

Microcurvaturas



Pérdidas de origen mecánico

Las Ventanas



1ª Ventana

850 nm

2ª Ventana

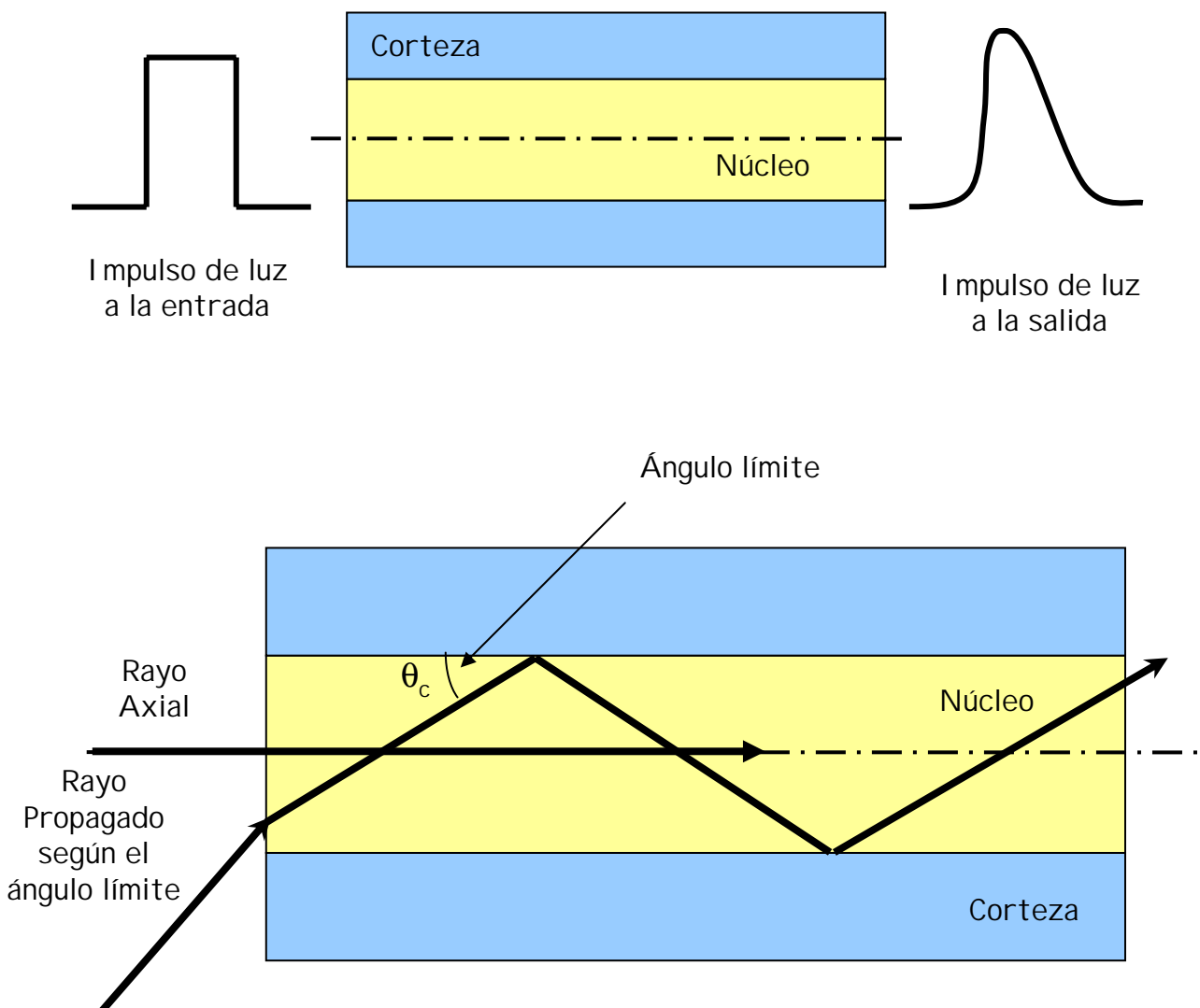
1300 nm

3ª Ventana

1550 nm

Dispersión Modal

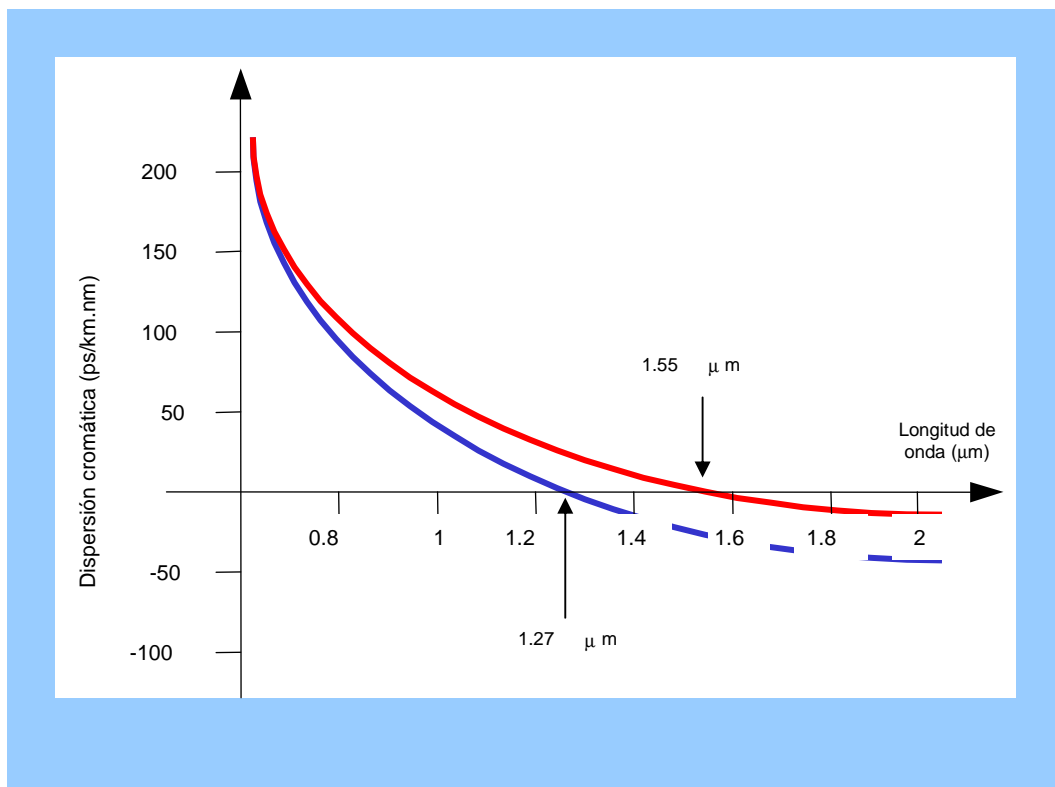
Distorsión en la forma de onda debido a los diferentes trayectorias que siguen los rayos de luz en la fibra



Dispersión Cromática

Variación de la velocidad de una radiación cuando se propaga a través de un medio tal que el índice de refracción varía para cada longitud de onda

Se expresa en ps/km.nm



Trabajando en segunda y tercera ventana puede anularse con la modal

Características de las fibras: Dispersión Cromát.

INDICE

Fabricación de Fibras

Fabricación de la Preforma

Métodos por fusión del vidrio

Métodos a partir de la deposición del
vidrio a partir de la fase gaseosa

Método OVD

Método VAD

Método MCVD

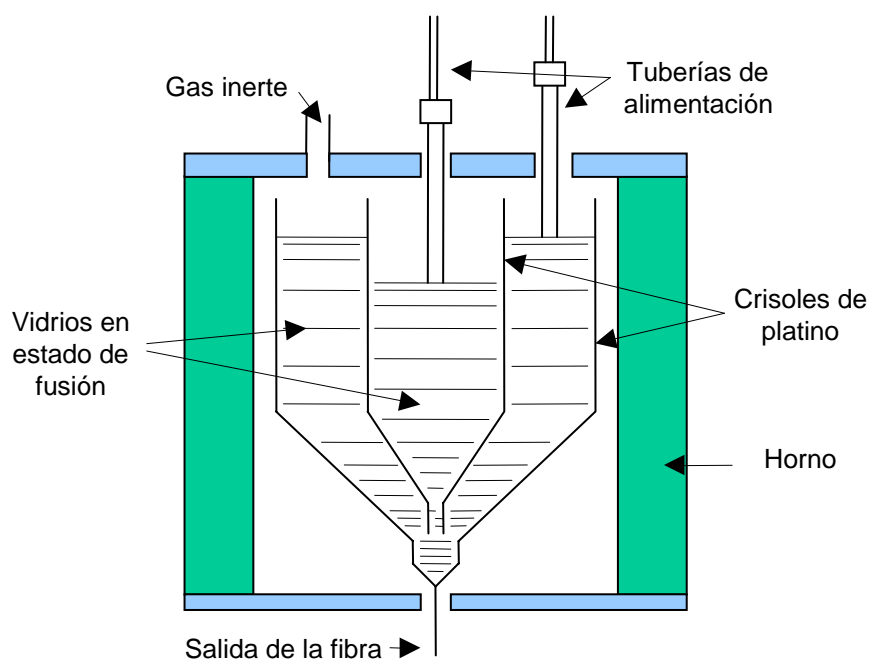
Método PCVD

Estirado

Fabricación de las fibras ópticas

La mayor parte de los métodos se basan en la fabricación de una preforma y posterior estirado

Fabricación de la preforma: Método por fusión de vidrio



Método del doble crisol

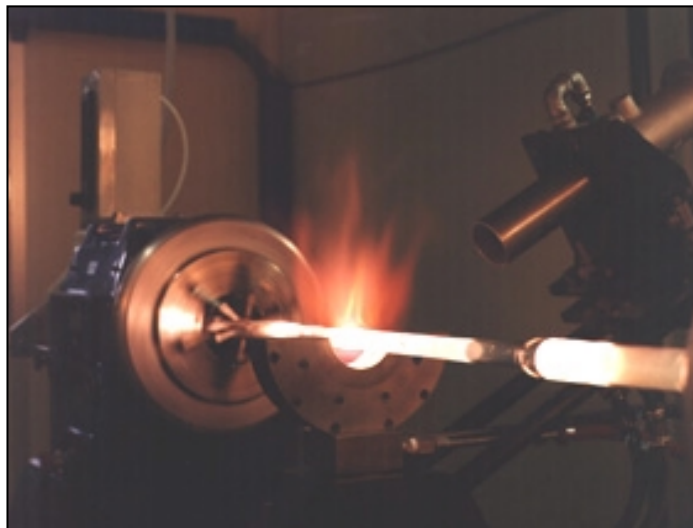
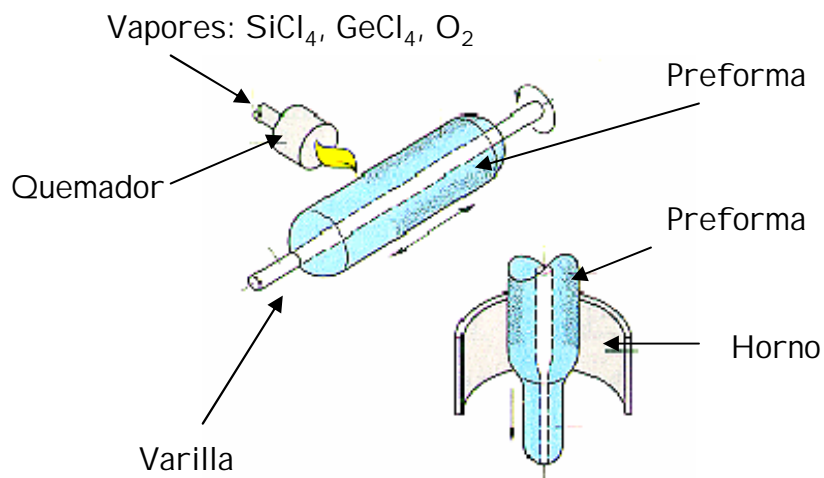
- Es un método relativamente antiguo
- La atenuación de la fibra es elevada

Método Doble Crisol

Fabricación de las fibras ópticas

Fabricación de la preforma: Métodos basados en la deposición de vidrio a partir de la fase gaseosa

Método OVD (Outside Vapor Deposition)

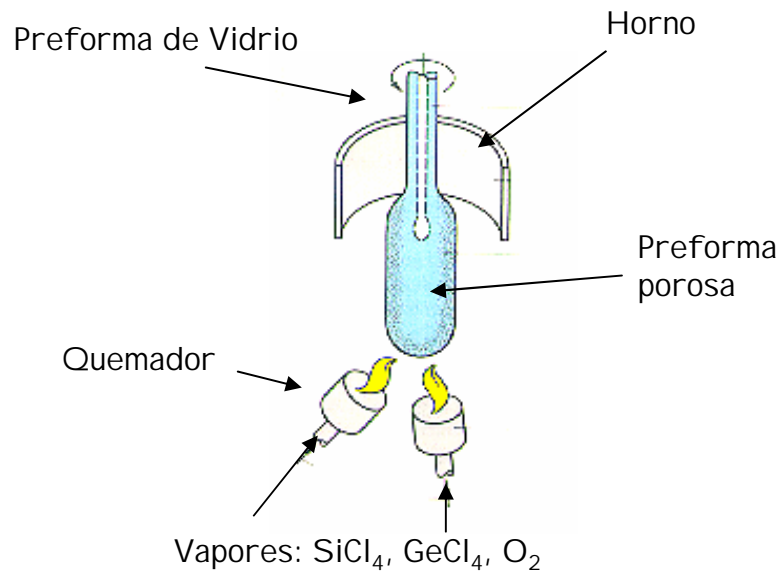


Obtención de la preforma

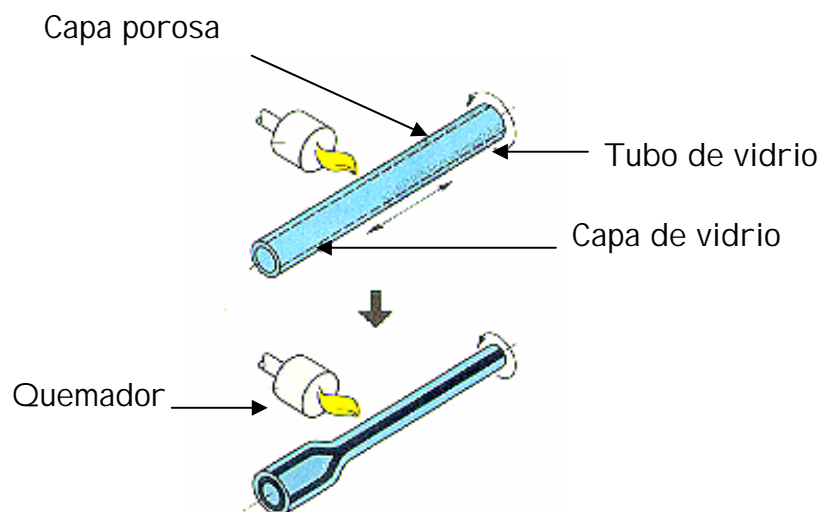
Método OVD

Fabricación de las fibras ópticas

Método VAD (Vapor Axial Deposition)

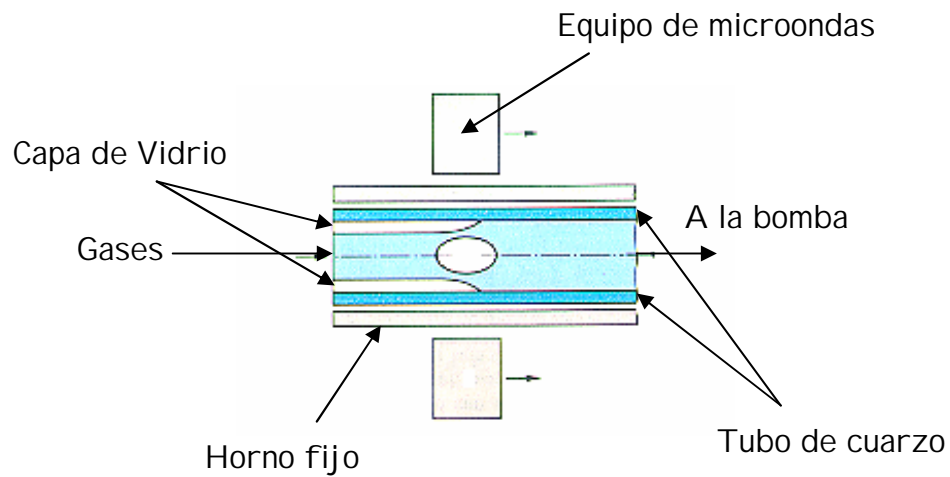


Método MCVD (Modified Chemical Vapor Deposition)

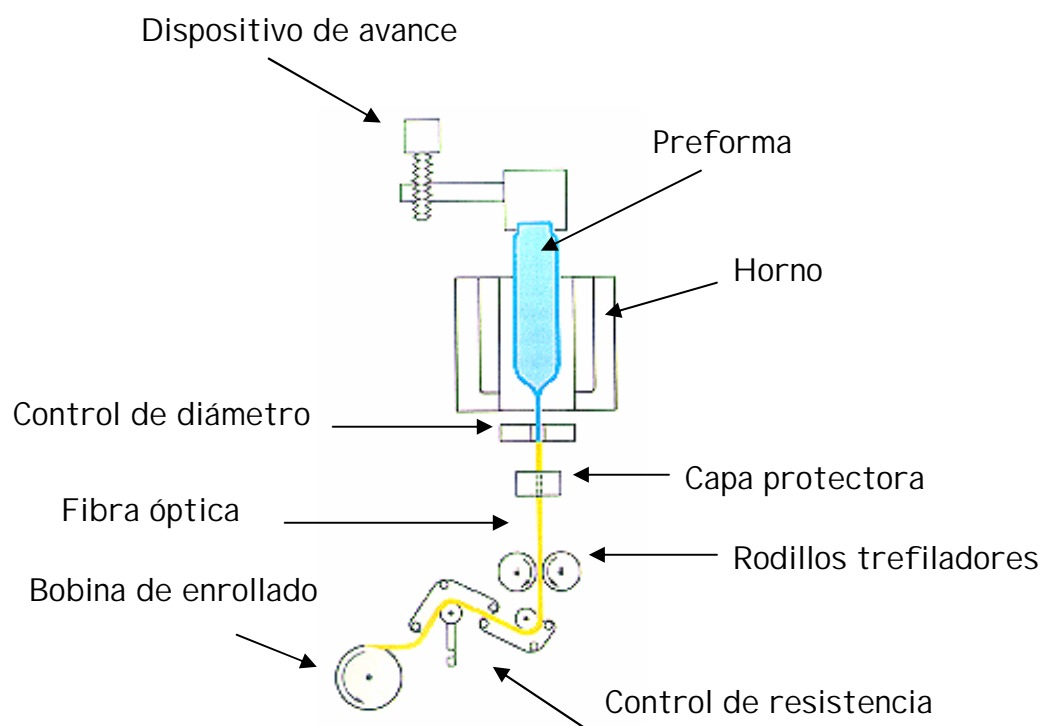


Métodos VAD Y MCVD

Método PCVD (Plasma Activated Chemical Vapor Deposition)



Estirado de la fibra



INDICE

Conductores de Fibras

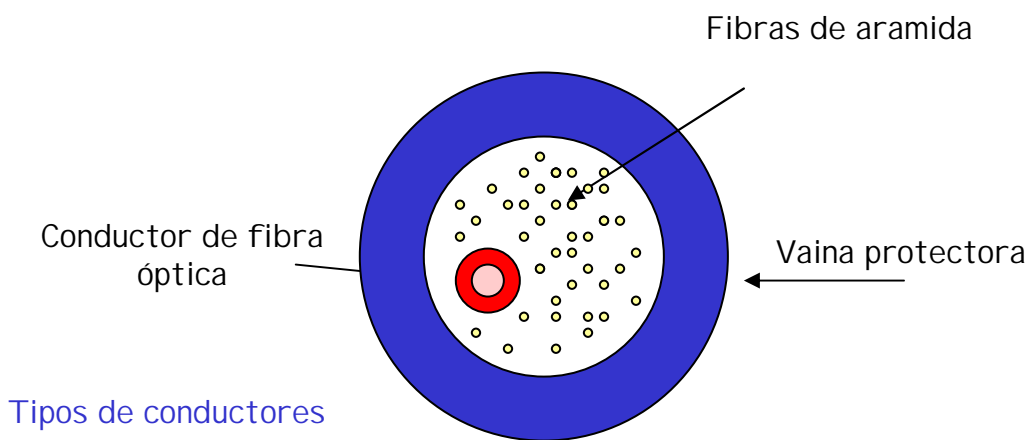
Introducción

Tipos de cables

Cables comerciales

Conductores de fibras

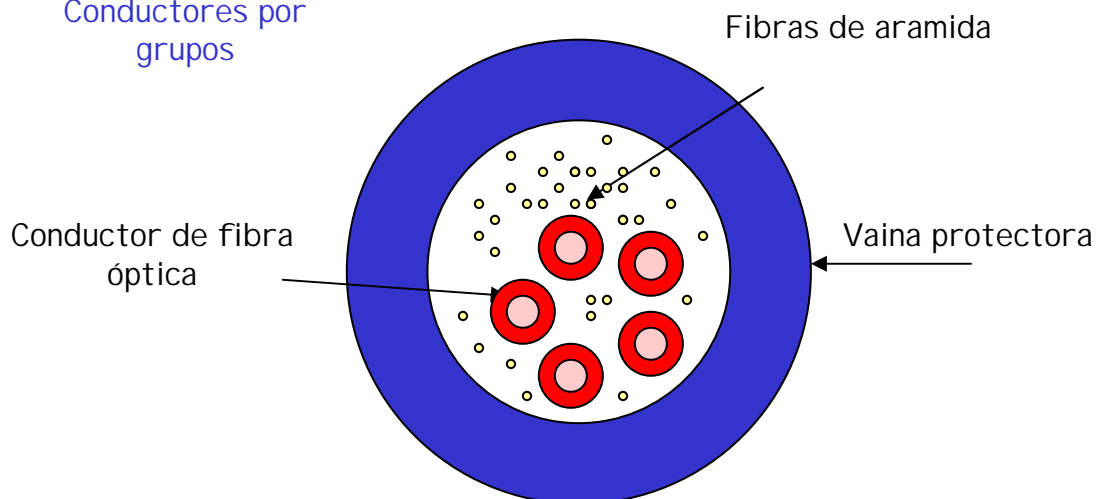
El objetivo es mantener al conductor de fibra óptica estable frente a las influencias externas dentro de los límites mecánicos admisibles



Tipos de conductores

- Huecos
- Rellenos

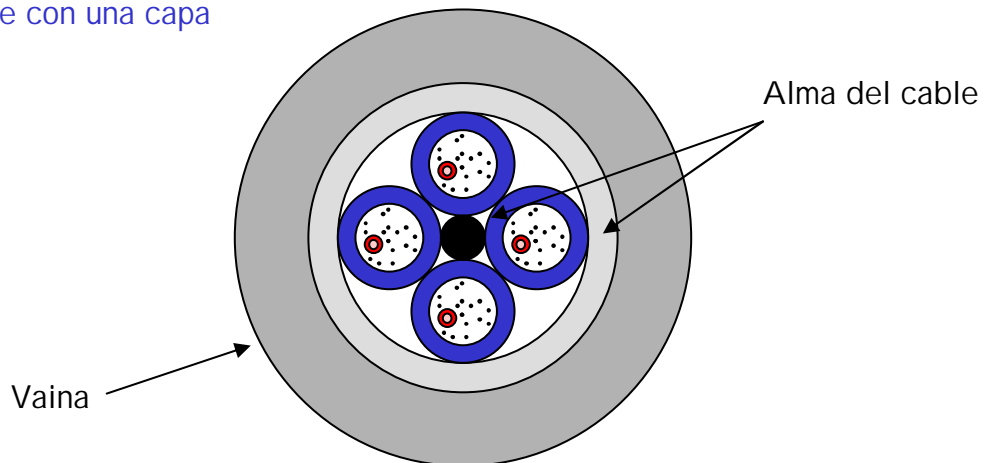
Conductores por grupos



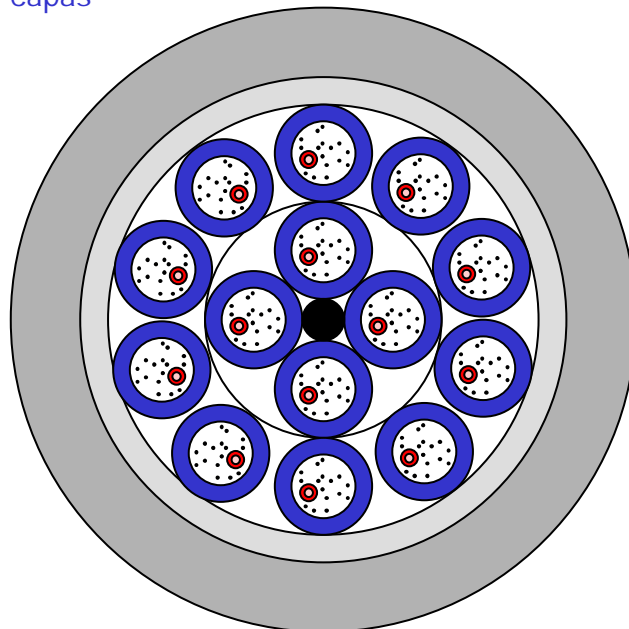
Conductores de fibra

El alma son el conjunto de los elementos de trenzado, los elementos de soporte y tracción y la envoltura que cubre a todos estos elementos

Cable con una capa

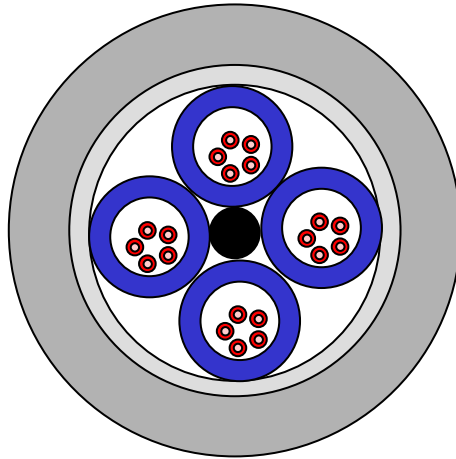


Cable con dos capas

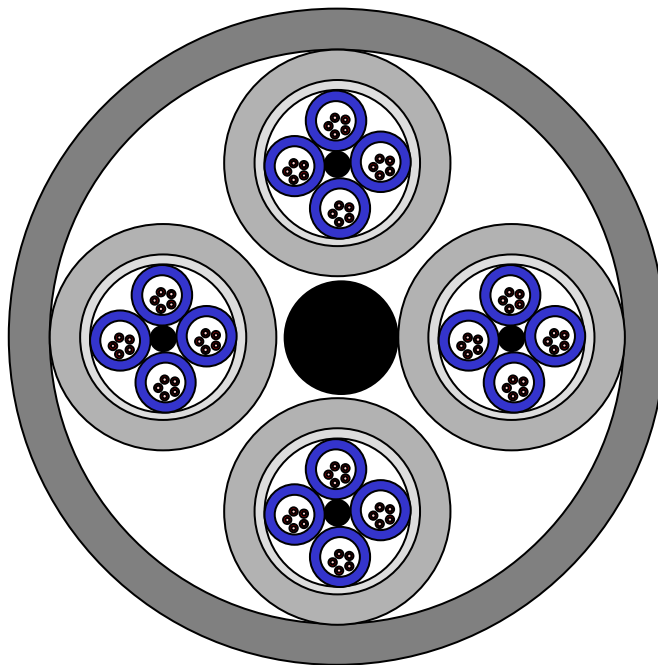


Conductores de fibra

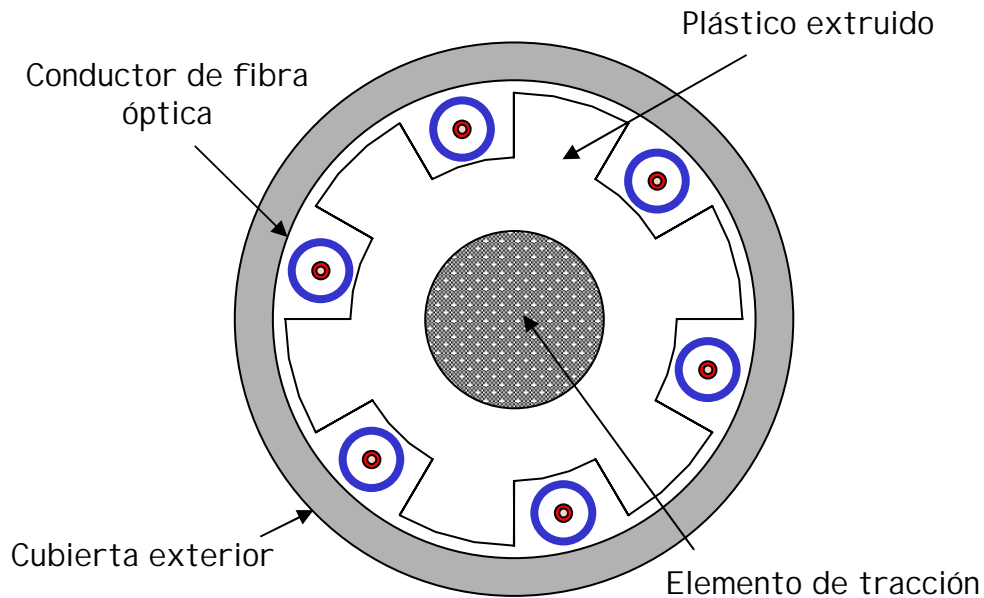
Cable de capas con
conductores por grupos



Cable por grupos



Cable ranurado



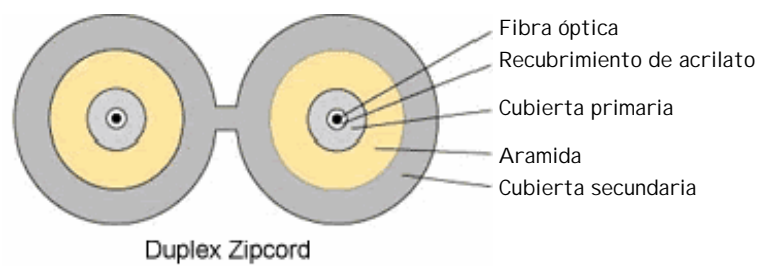
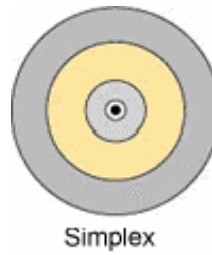
Vaina del cable

- De polietileno
- De PVC
- De plásticos fluorados
- Libres de Halógenos

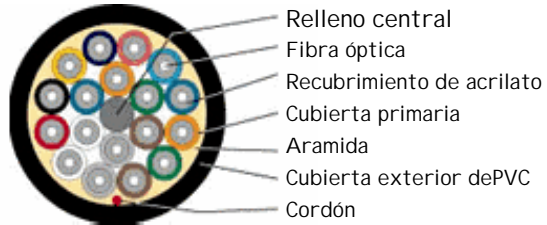
Armaduras

- Para cables submarinos, minas, cables aéreos autoportantes
- protección contra roedores, etc.
- Se utiliza aramida o acero
- Para la protección contra roedores: flejes de acero

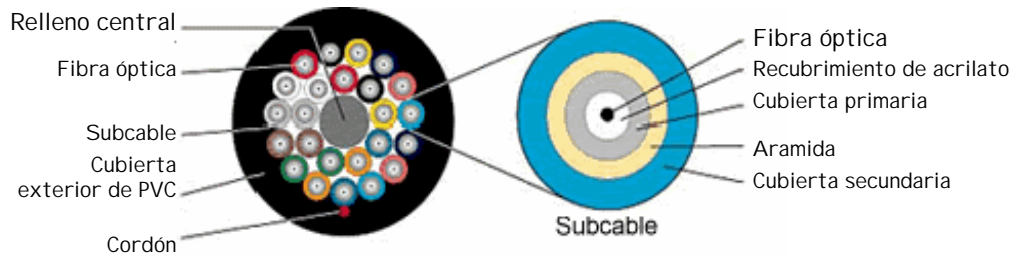
Conductor de fibra óptica



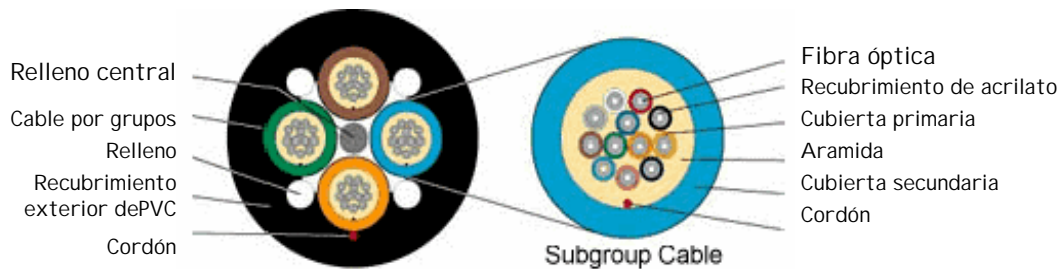
Cable con dos capas



Cable con dos capas

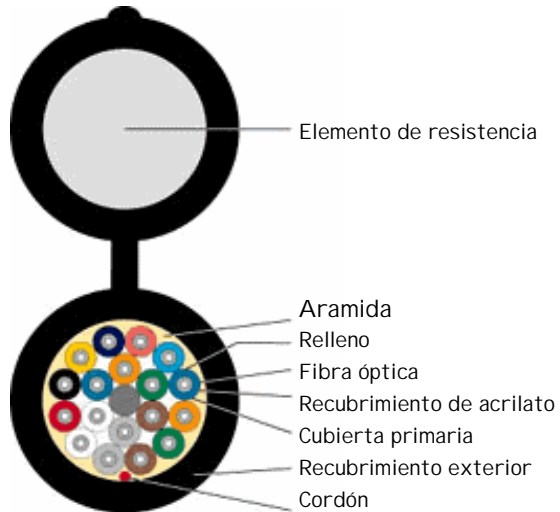


Cable con conductores por grupos

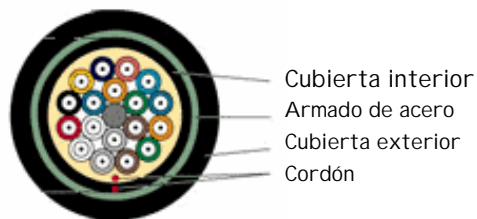


Ejemplos Comerciales

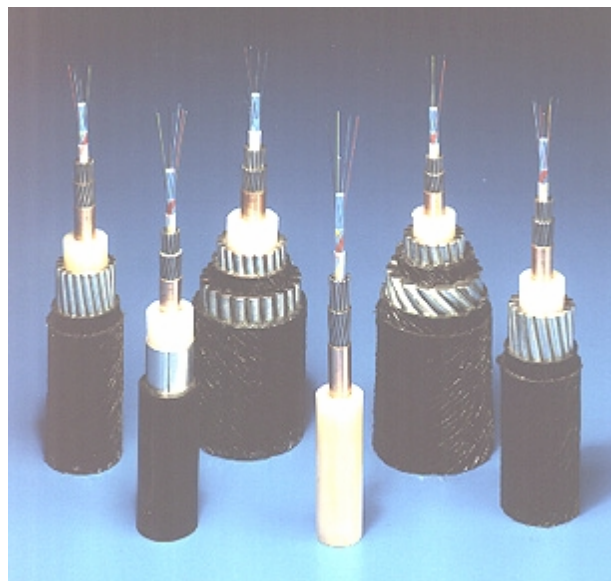
Cable aéreo



Cable armado



Cable submarino



Ejemplos Comerciales

INDICE

Conectores y Adaptadores

Introducción

Conectores

Adaptadores

Fuentes de pérdidas en conectores

Conector SMA

Conector ST

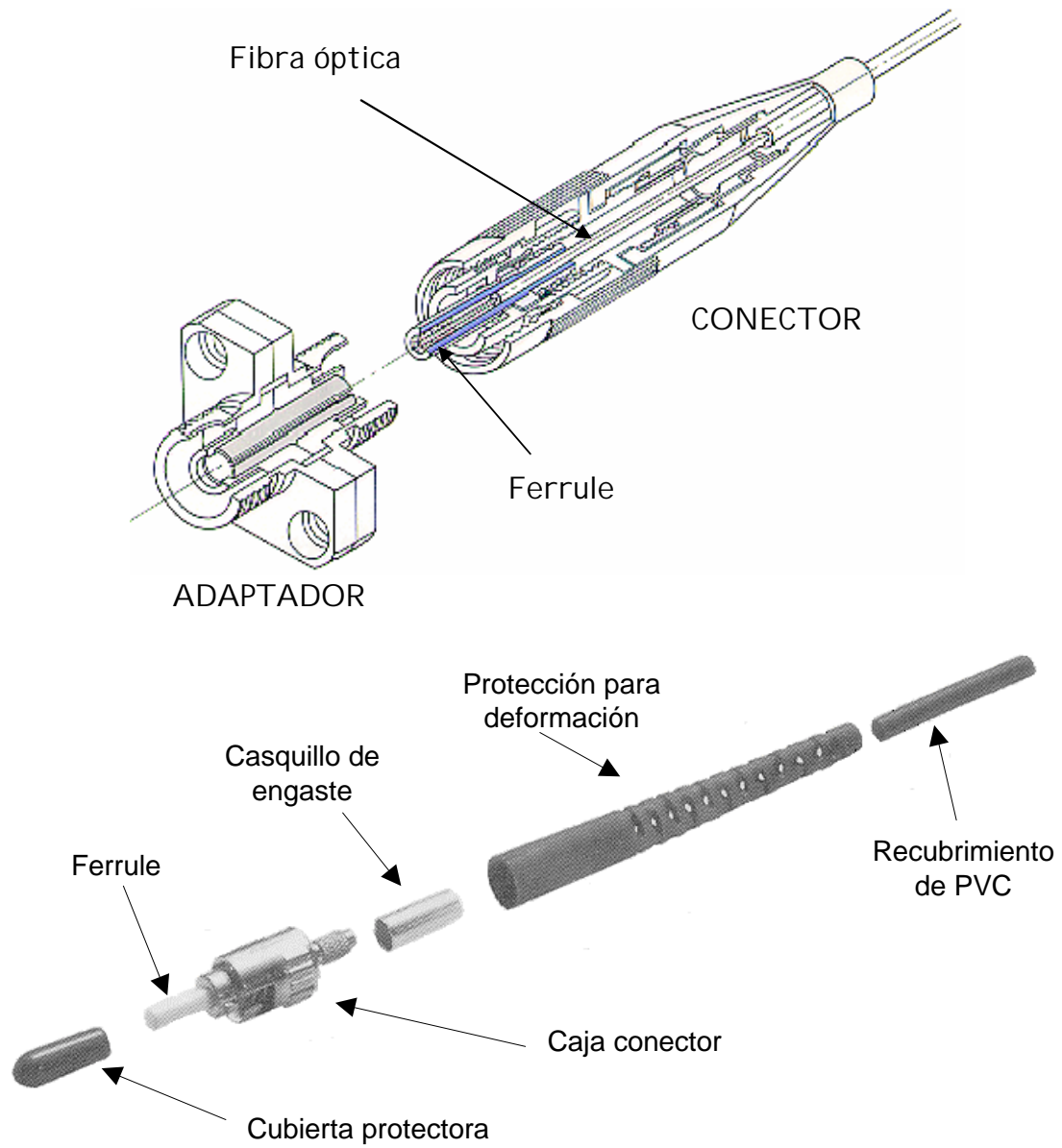
Conector FC

Conector Bicónico

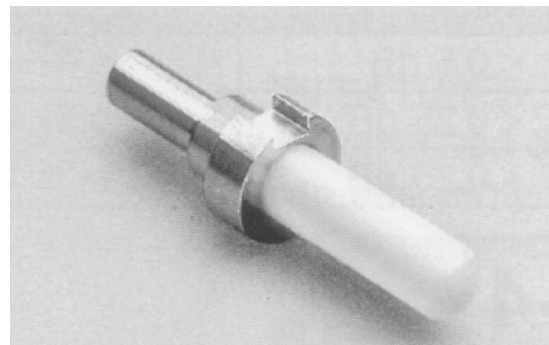
Conector SC

Comparación entre conectores

Tipos de Pulido

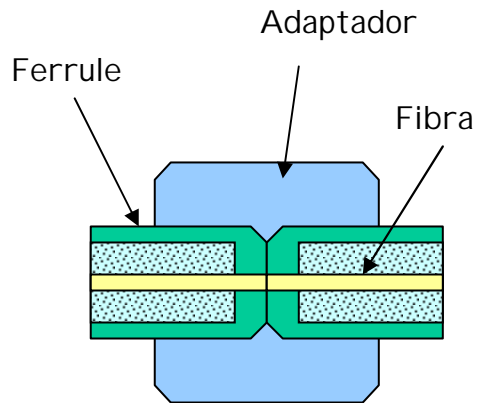


Ferrule metálica

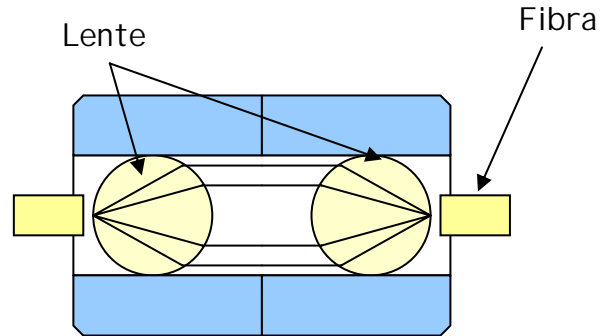


Ferrule cerámica

Adaptadores



Acoplamiento directo



Acoplamiento de haz expandido

Pérdidas de inserción

$$P_i = 10 \cdot \log \frac{P_e}{P_s} (dB)$$

Pe: Potencia luminosa de entrada

Ps: Potencia luminosa de salida

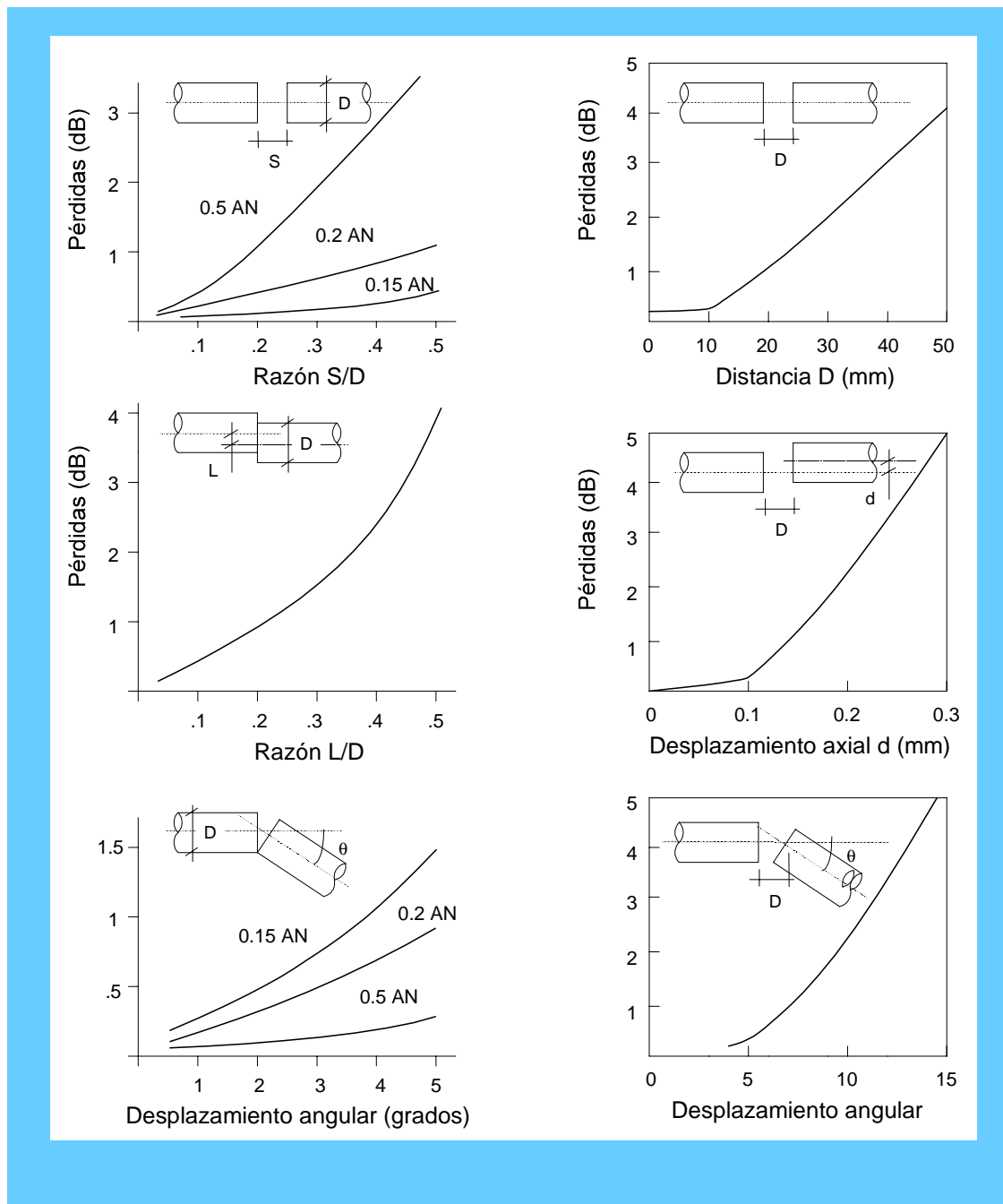
Pérdidas de reflexión

$$P_{ref} = 10 \cdot \log \frac{P_r}{P_e} (dB)$$

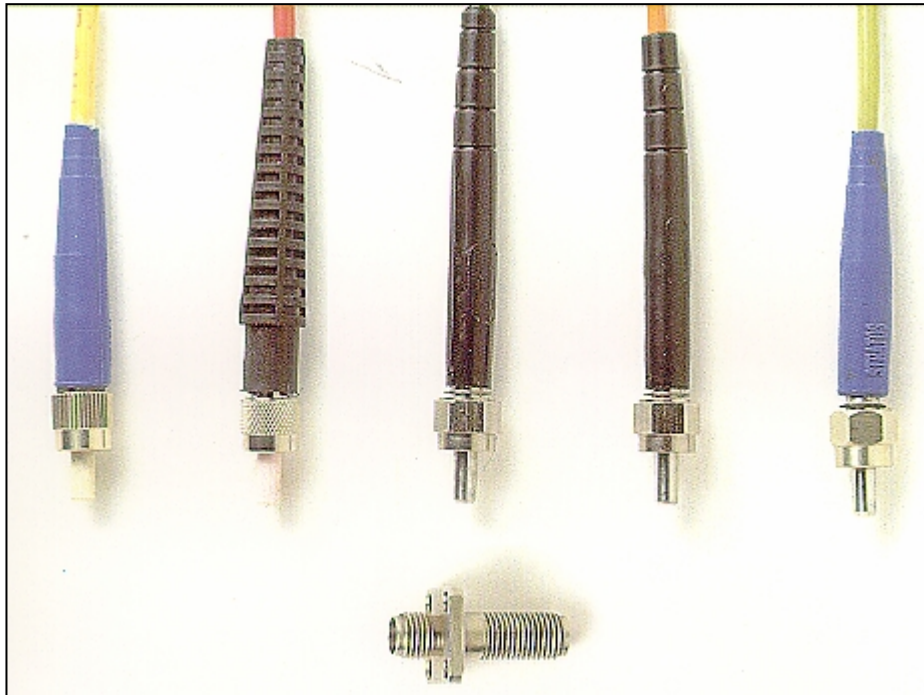
Pe: Potencia luminosa de entrada

Pr: Potencia luminosa reflejada

Fuentes de pérdidas en los conectores

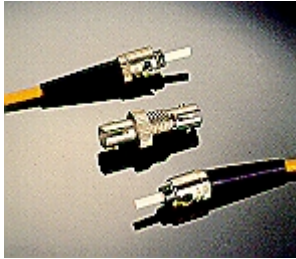


Conector SMA

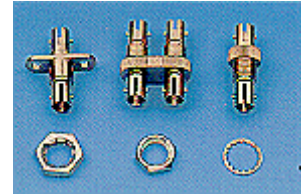


- Llamado FSMA
- Surge a mediados de los 70
- Similar a un conector de RF
- Existen dos modelos: el 905 y el 906
- Buenas características mecánicas
- Elevadas pérdidas de inserción
- Aplicaciones multimodo
- Actualmente en desuso

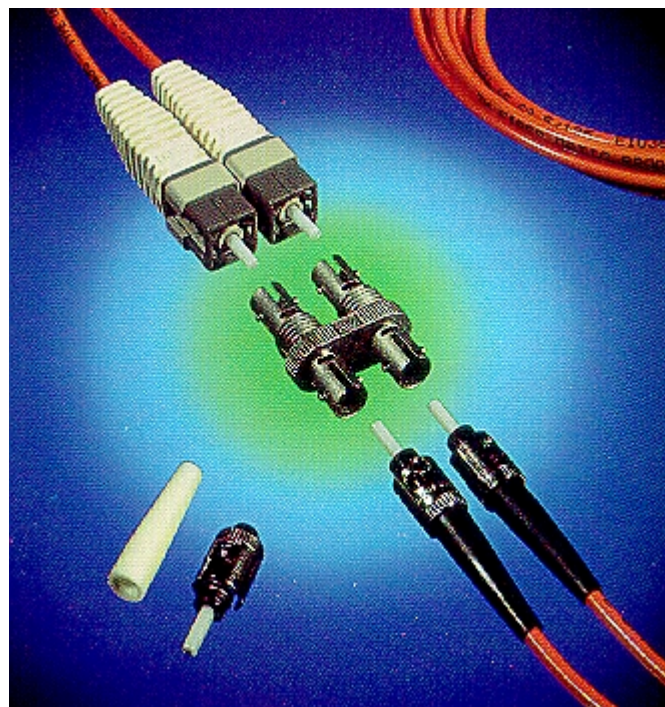
Conector ST



Aspecto del conector y adaptador



Adaptadores ST



Conectores ST y ST push-pull

- Mediados de los 80 por ATT
- Similar al conector BNC
- Resistente a vibraciones
- Retención insegura frente a tirones
- Ferrule cerámica, en general
- El más utilizado en aplicaciones multimodo

Conector FC

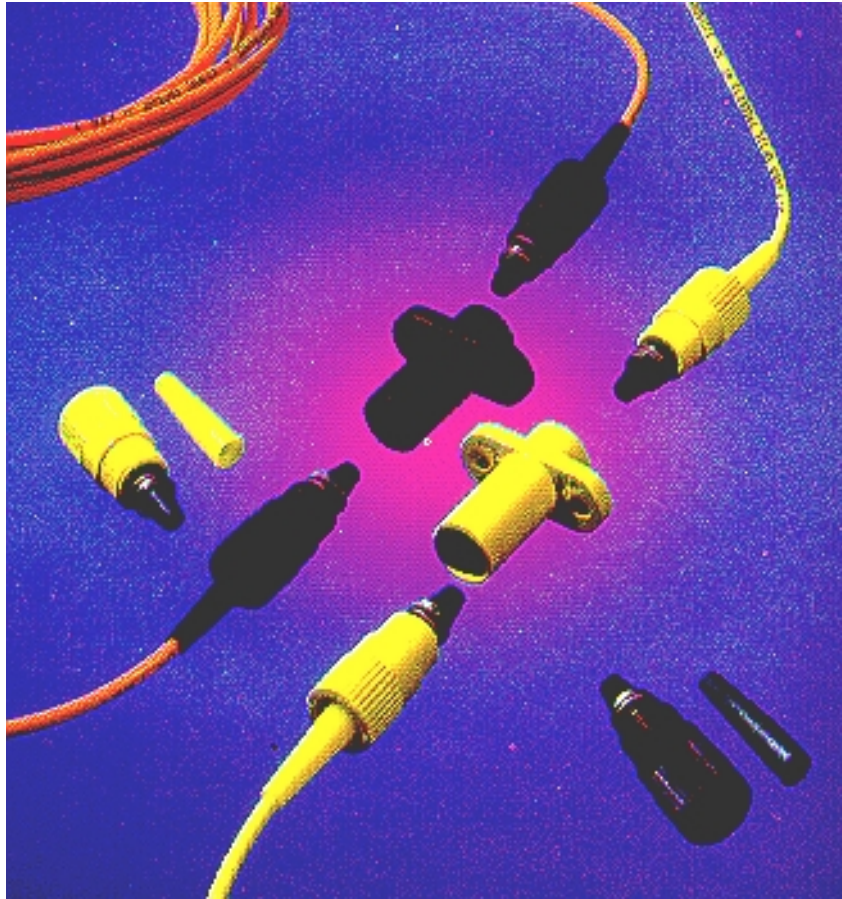


Conectores FC y adaptadores



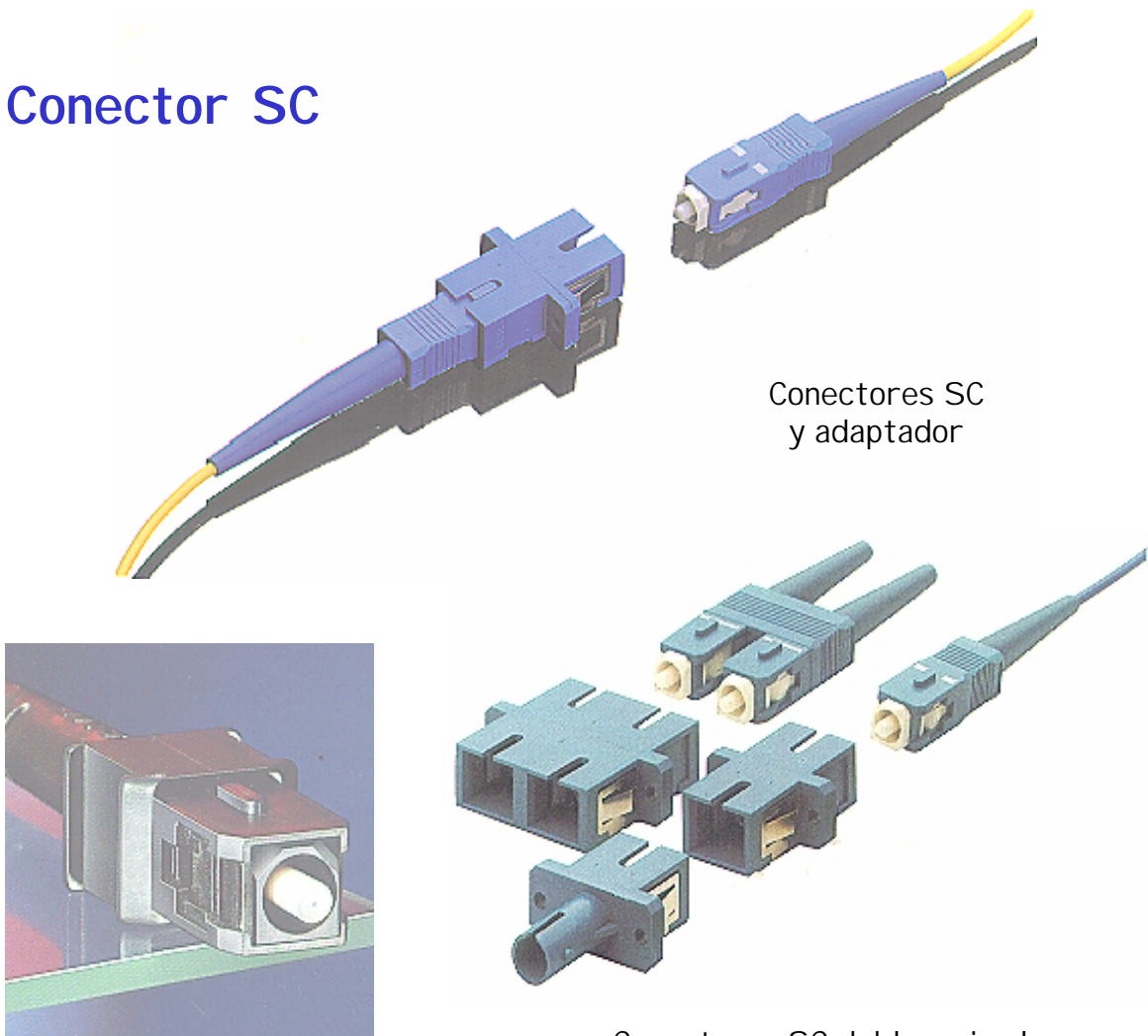
- Años 80, NTT
- Aplicaciones monomodo
- Ferrule cerámica
- Adaptador cerámico o metálica
- Enclavamiento por rosca
- Evolucionó al pulido FC/PC (Polishing Convex)

Conector Bicónico



- Buen alineamiento fibra-fibra
- Aplicaciones mono y multimodo
- Conector caro
- Actualmente en desuso

Conector SC



- Años 90 por NTT
- Posibilidad de conexiones dobles y múltiples
- Tipo push-pull
- Ferrule cerámica en general
- Aplicaciones mono y multimodo
- Recomendado por la normativa americana
- Tiende al pulido APC

	Tipo fibra μm núcleo/ μm corteza	Pérdidas inserción dB	Pérdidas Retorno dB mín.	Rango de Temp. °C	Tracción Cable/con. N
SMA	50, 62.5, 85, 100	0,4		-60/+125	100
ST	9/125 62.5/125 50,85,100/140	0.2 0.3	30	-40/+80	200
FC	9/125 50/125	0.15/0.25 0.25	30,40,50, 60	-40/+85	200
Bicónico	Mon/Mul.	0.4		-20/+60	100
SC	9/125 50/125	0.15/0.25 0.25	30,40,50, 60	-20/70	100

Comparación entre los diferentes
conectores

APLICACIONES		Televisión por cable	Telefonía	Redes de área locales (LAN)
SMA	Multimodo			•
ST	Multimodo Monomodo		• •	• •
FC	Multimodo Monomodo	•	•	•
Bicónico	Multimodo Monomodo		• •	•
SC	Multimodo Monomodo	•	• •	• •

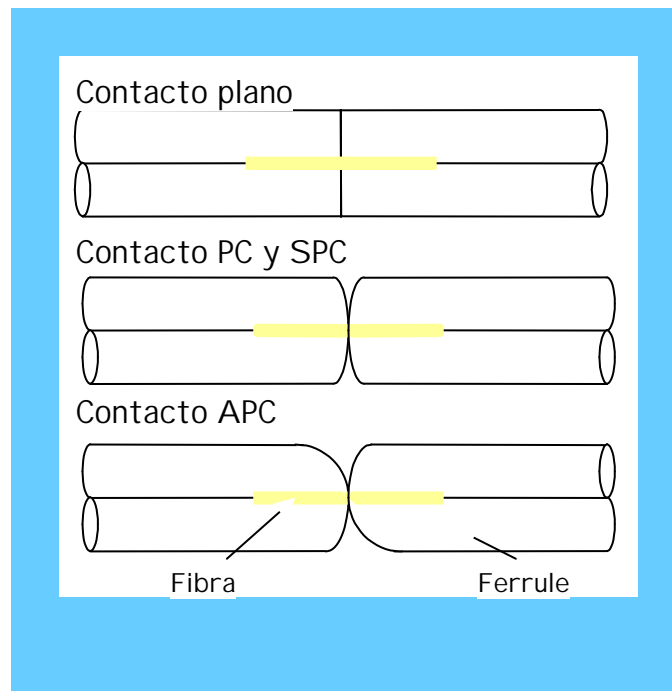
Aplicaciones principales de los
diferentes conectores

Comparación entre conectores

Tipos de pulido

El pulido influye decisivamente en las pérdidas por inserción y en las pérdidas de retorno

- Pulido Plano
- Pulido PC, SPC y UPC
- Pulido APC



- El pulido PC y el APC se utilizan fundamentalmente para aplicaciones monomodo

INDICE

Empalmes

Introducción

Empalmes mediante fusionadora

Supervisión directa del núcleo

Inyección local y supervisión local

Inyección y supervisión remota

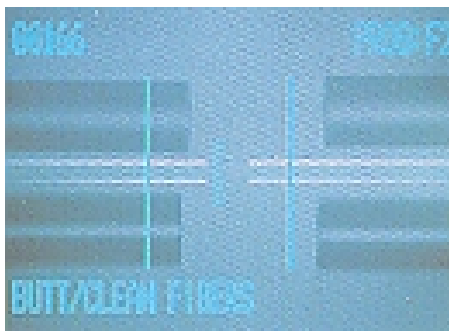
Empalmes mecánicos

Fusionadora

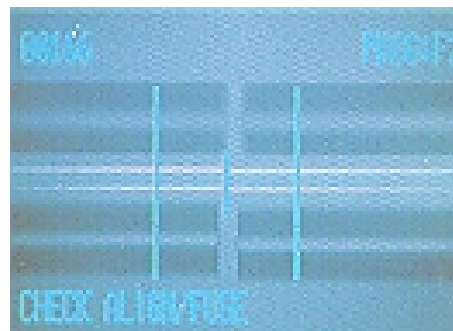
Métodos

- Supervisión directa del núcleo de la fibra
- Inyección local y supervisión local
- Inyección de luz y supervisión remota

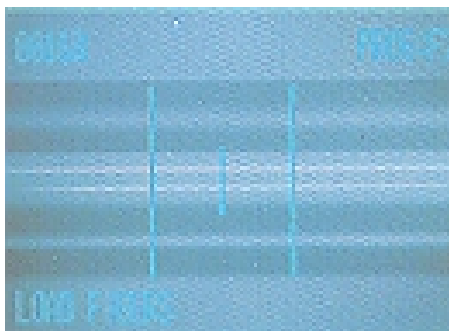
Supervisión directa del núcleo de la fibra



1 Alineado de las fibras



2 Prefusión para la limpieza



3 Fusión



Fusión de la fibra mediante arco eléctrico



Aspecto de la fusionadora

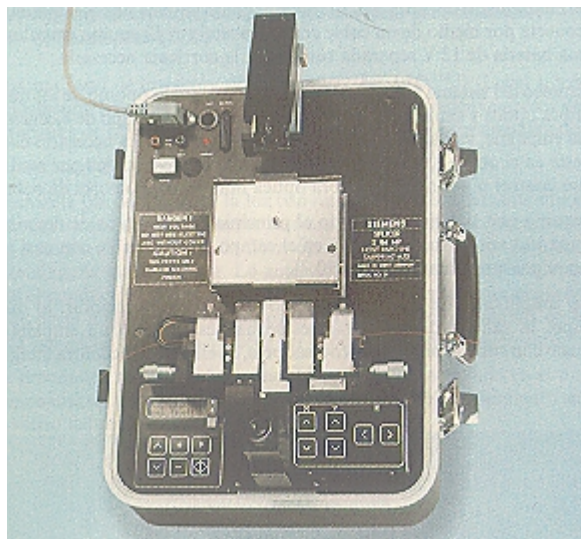
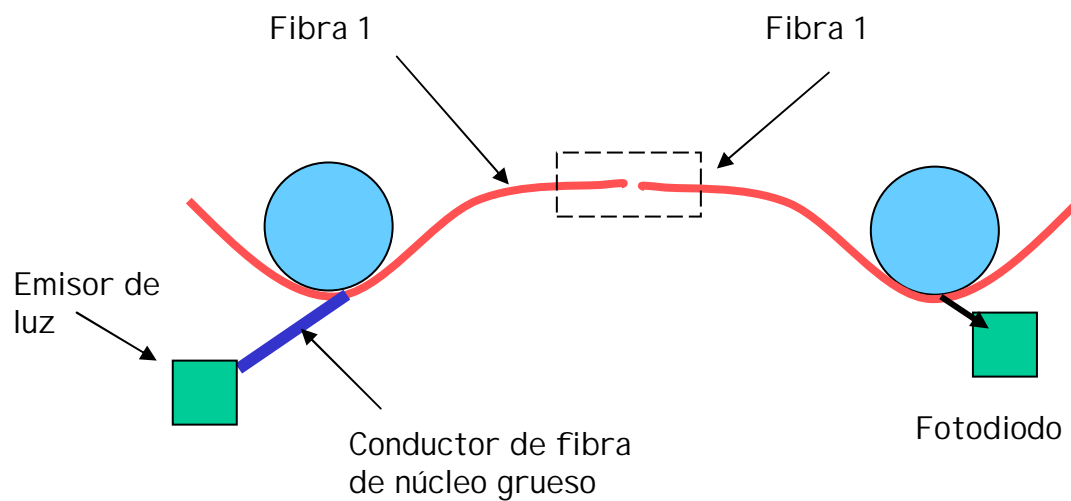
Empalmes mediante fusionadora

Fusionadora

Métodos

- Supervisión directa del núcleo de la fibra
- Inyección local y supervisión local
- Inyección de luz y supervisión remota

Inyección de luz y detección local

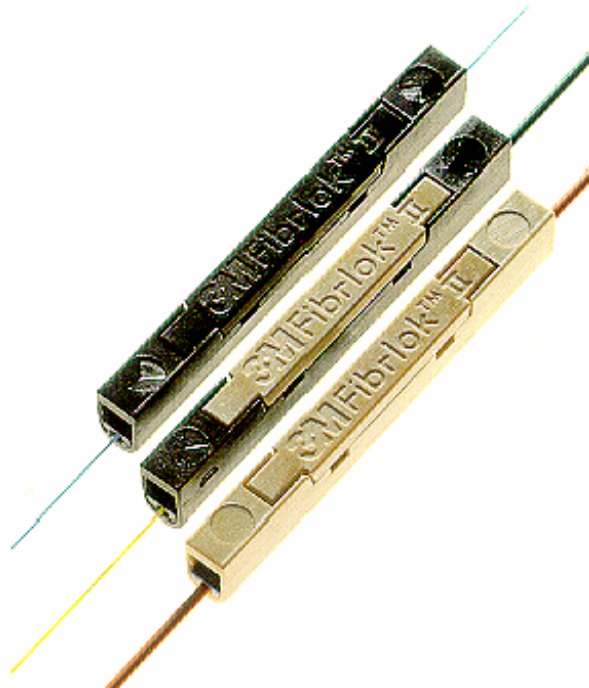
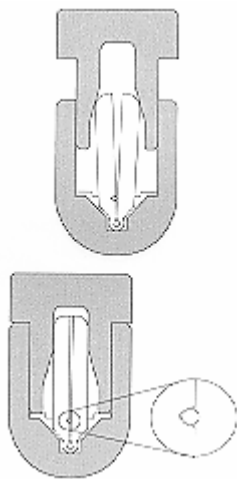


Fusionadora de inyección y supervisión local, controlada con microprocesador

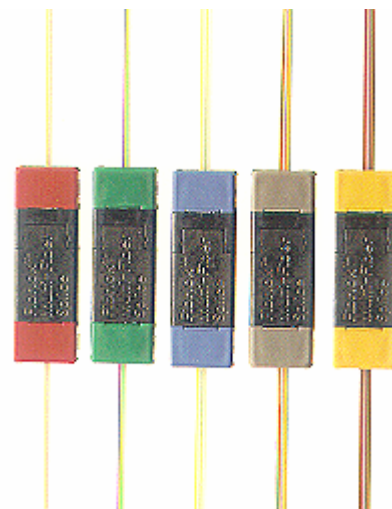
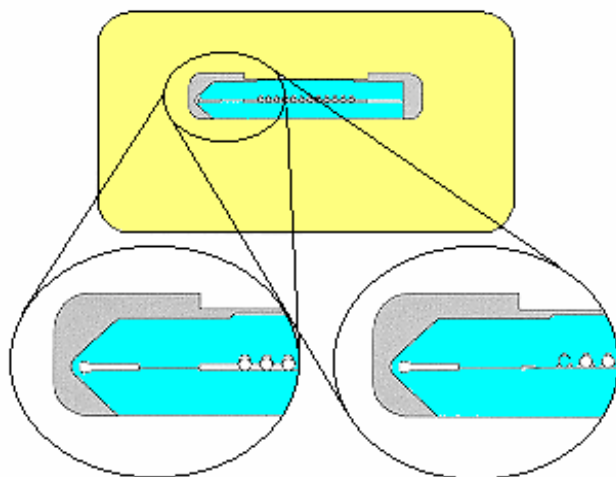
Empalmes mediante fusionadora

Empalmes mecánicos

Empalmes mecánicos simples



Empalmes mecánicos múltiples



Empalmes mecánicos

INDICE

Otros equipos de F.O.

Acopladores

Multiplexores

Conmutadores

Atenuadores

Aisladores

Medidores de Potencia Óptica

Localizadores de Fibras

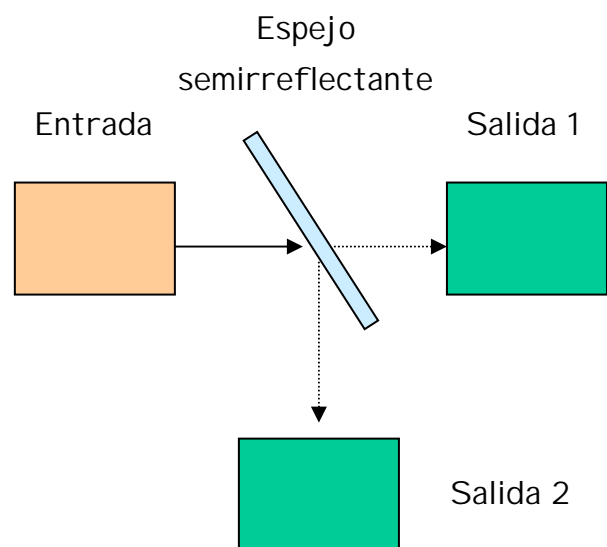
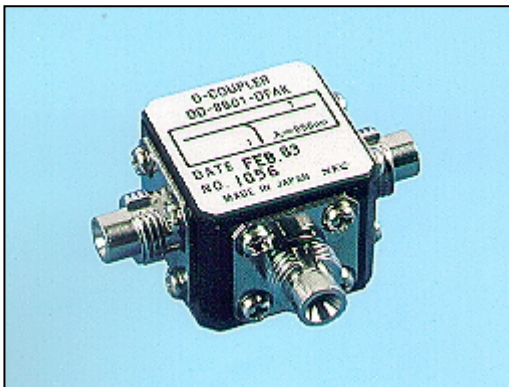
Reflectómetros

Cajas de empalmes

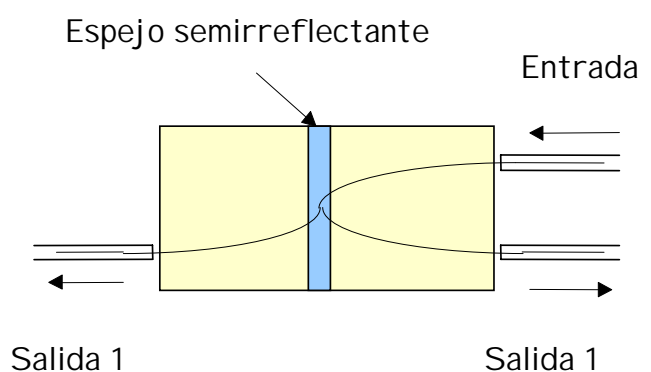
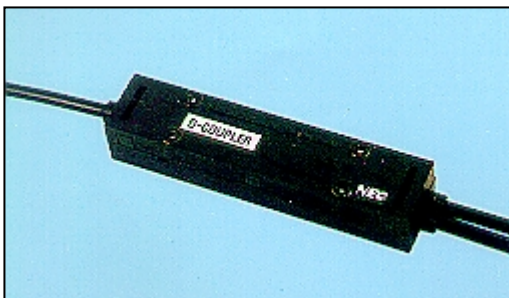
Acopladores

Elementos para la interconexión en redes de fibra óptica. Se utilizan para la supervisión, derivación, distribución, combinación, etc., de señales ópticas

Acoplador en T

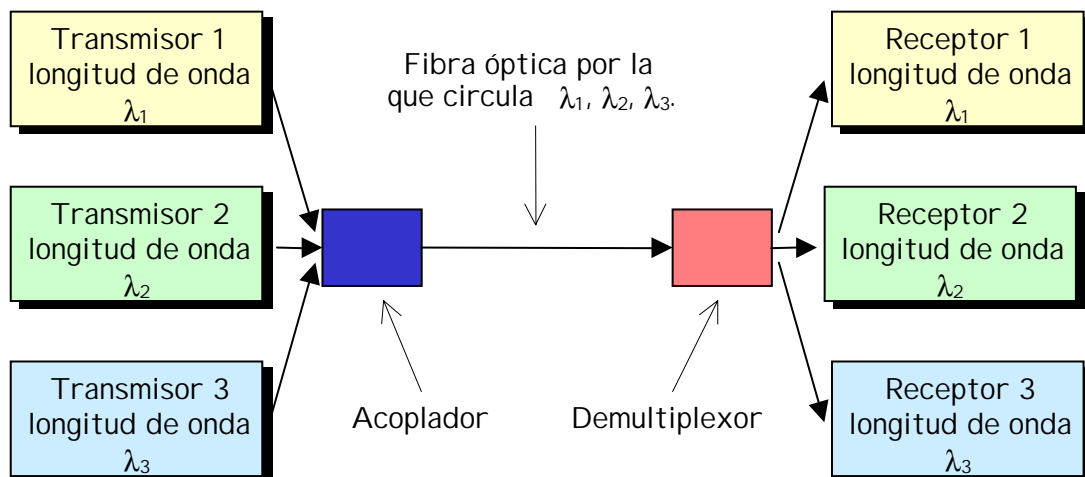
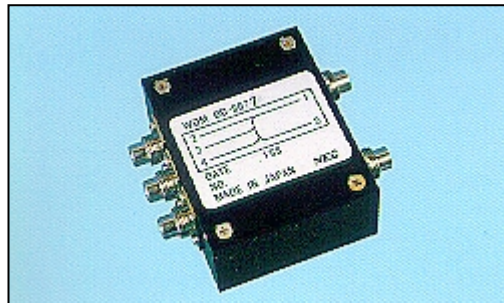


Acoplador de lente Grin

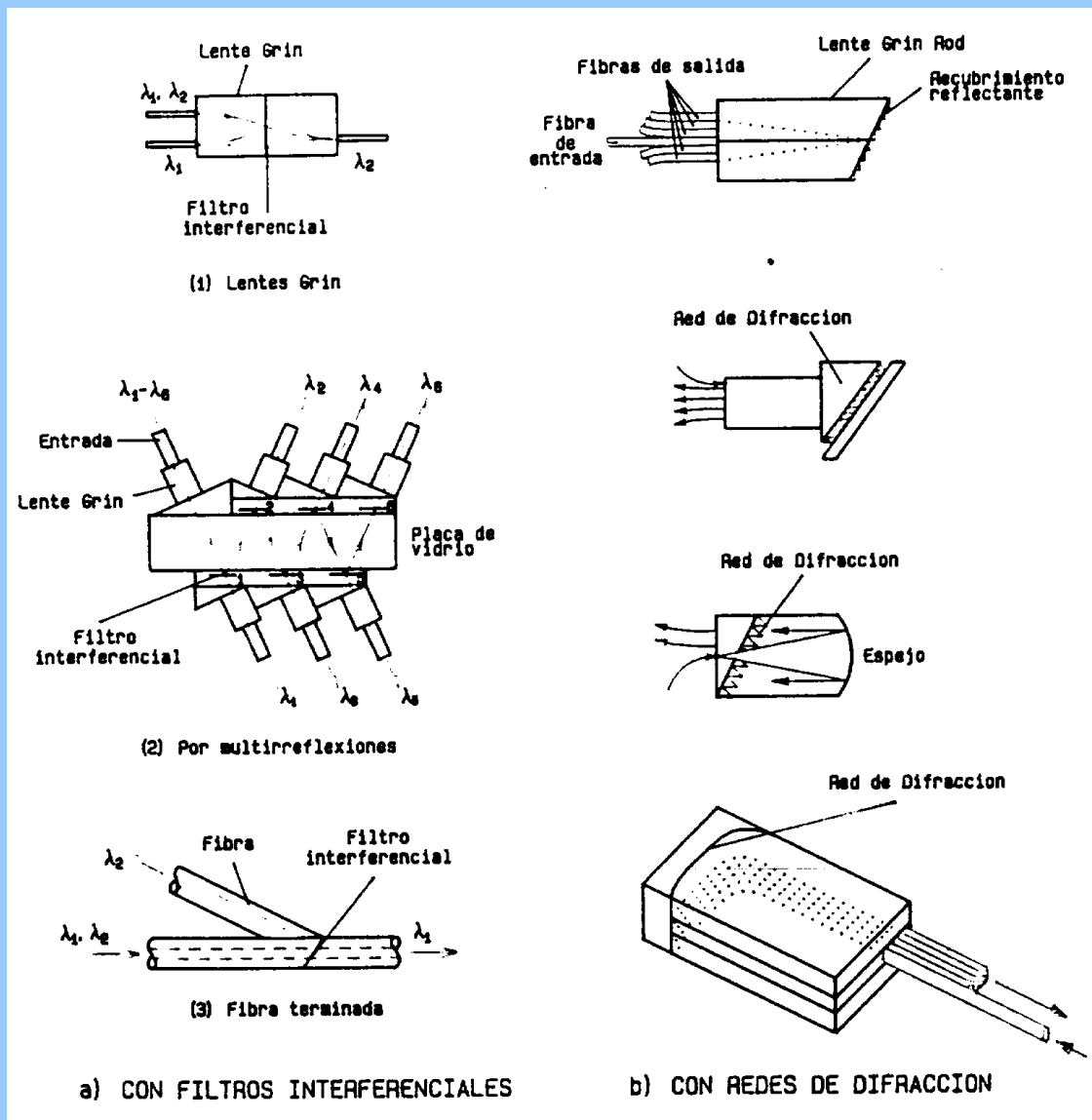


Multiplexores

Son acopladores pasivos selectivos a la longitud de onda



Multiplexores

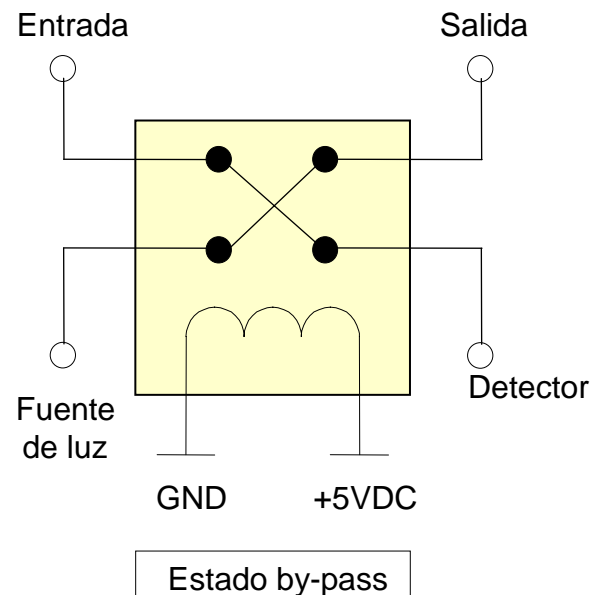
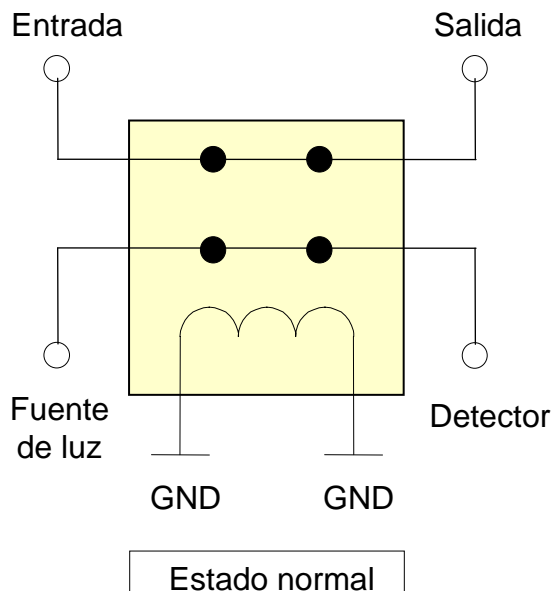
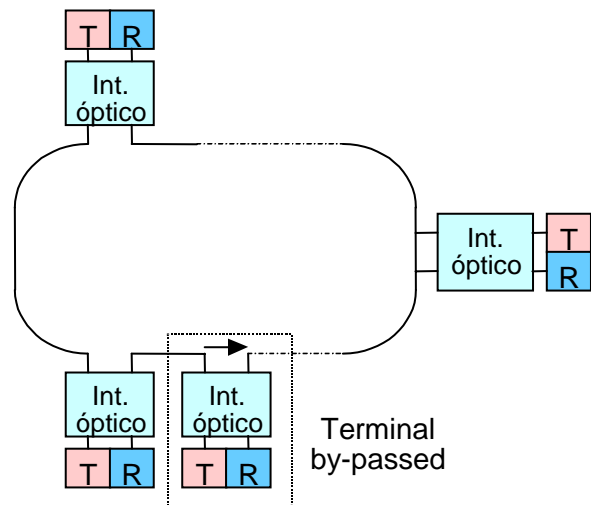
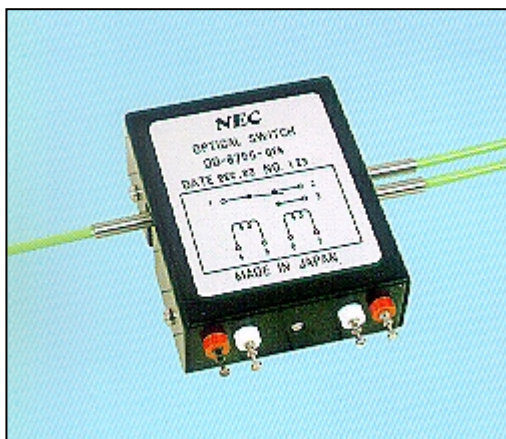


Estructuras de multiplexores

Multiplexores

Conmutadores Ópticos

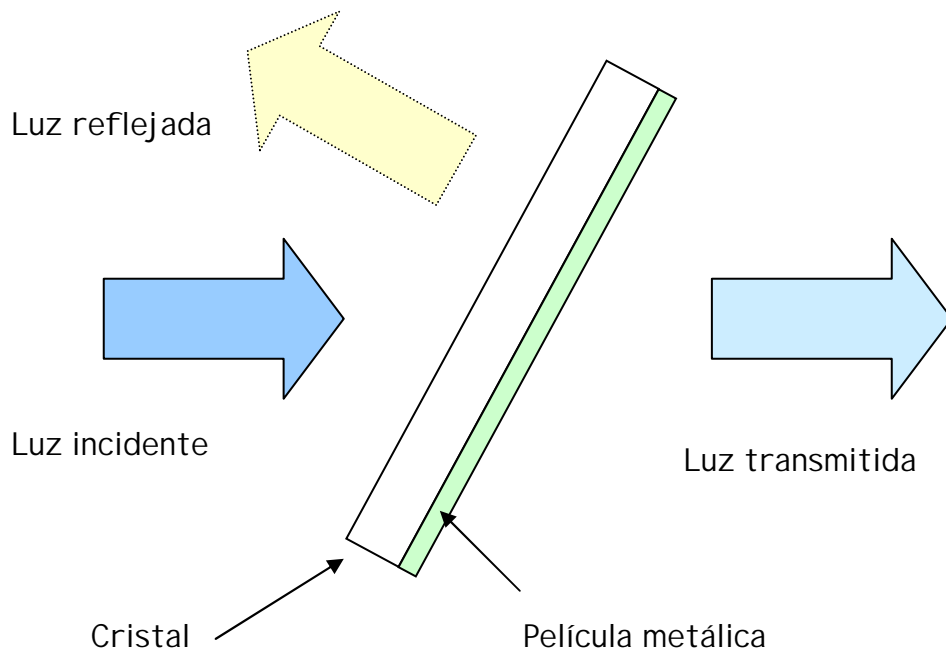
Existen dos tipos: electromecánico y electroóptico



Conmutadores ópticos

Atenuadores

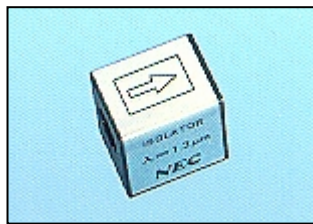
Introducen una atenuación determinada en el sistema de fibra óptica



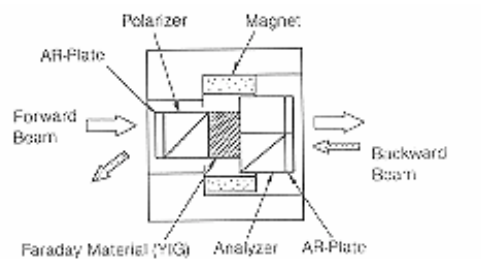
Atenuadores

Aisladores

Permiten la transmisión de la luz en un solo sentido



Fotografía de un aislador



Esquema de un aislador

Se utilizan para evitar la luz reflejada

Medidores de potencia óptica

Permiten localizar fallos en fibras de poca longitud



Fotografía de un medidor de potencia

Localizadores de fibras

Permiten detectar determinadas frecuencias sin interrumpir la fibra

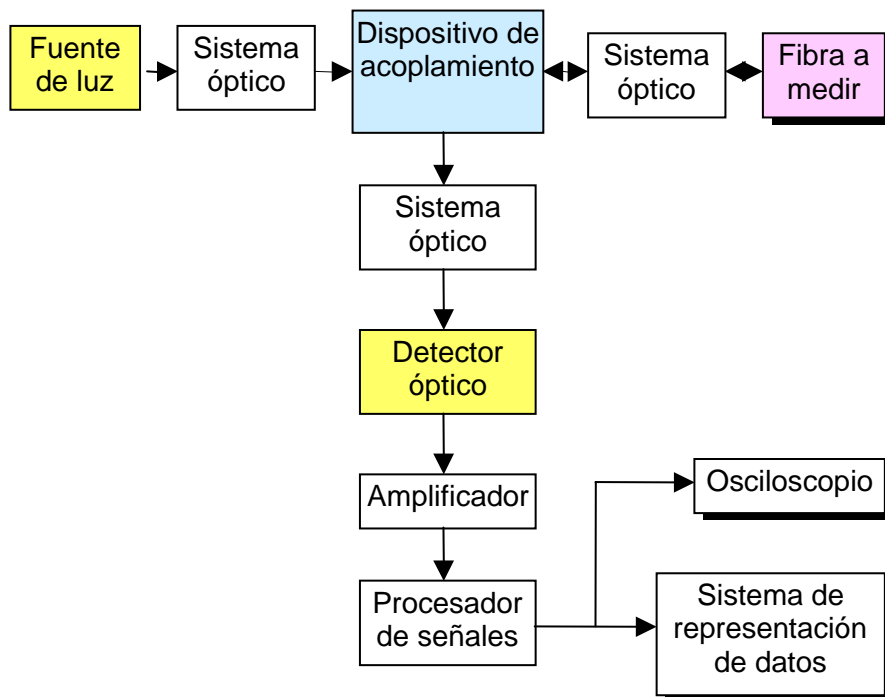


Fotografía de un medidor de potencia

Medidores de potencia y localizadores

Reflectómetros

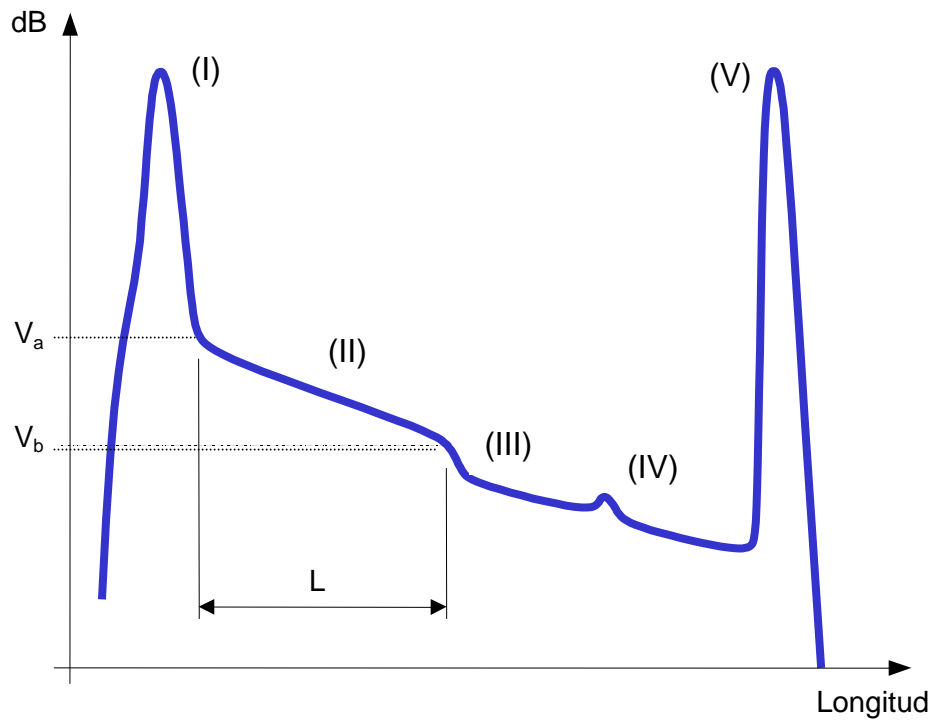
Sirven para la medida de la atenuación de la fibra, la medida de la longitud de la fibra y la localización de rupturas



Esquema de los elementos de un reflectómetro

Se fundamenta en medir la luz retroesparcida

Reflectómetros



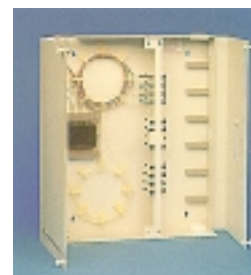
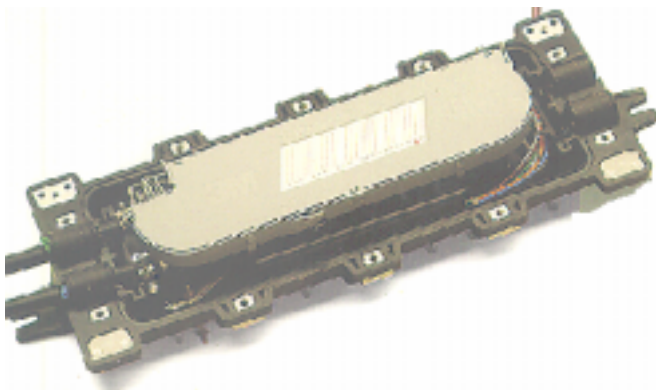
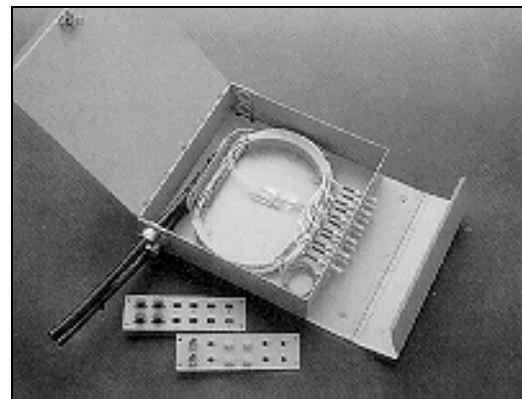
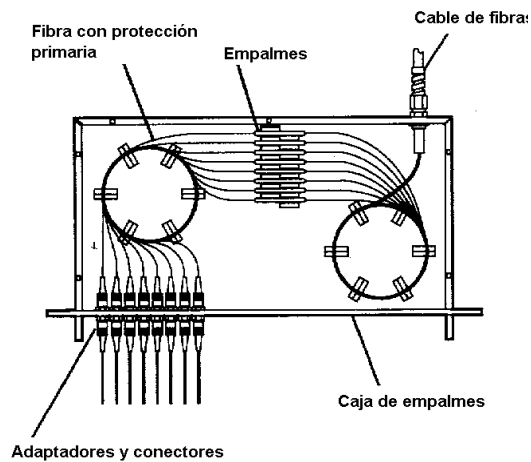
Curva típica obtenida con un reflectómetro



Fotografía de un reflectómetro

Cajas de empalmes

Sirven para proteger las zonas de empalmes de fibras



Fotografía de diversas cajas de empalmes

Cajas de empalmes

INDICE

Otras aplicaciones de F.O.

Introducción

Multiplexores

Conmutadores

Atenuadores

Aisladores

Medidores de Potencia Óptica

Localizadores de Fibras

Reflectómetros

Cajas de empalmes

Propiedades de la fibra que
justifican las diversas aplicaciones

TRANSPARENCIA: Observación e iluminación de superficies normalmente inaccesibles.

SENSIBILIDAD A FACTORES EXTERNOS: Factores externos pueden modificar algún parámetro del haz de luz.

FLEXIBILIDAD: Permite introducir las fibras en zonas de difícil acceso.

INSENSIBILIDAD A RADIACIONES NUCLEARES: Útil en aplicaciones militares

PEQUEÑO DIÁMETRO: Permite acceso a lugares difíciles.

PESO REDUCIDO

El endoscopio

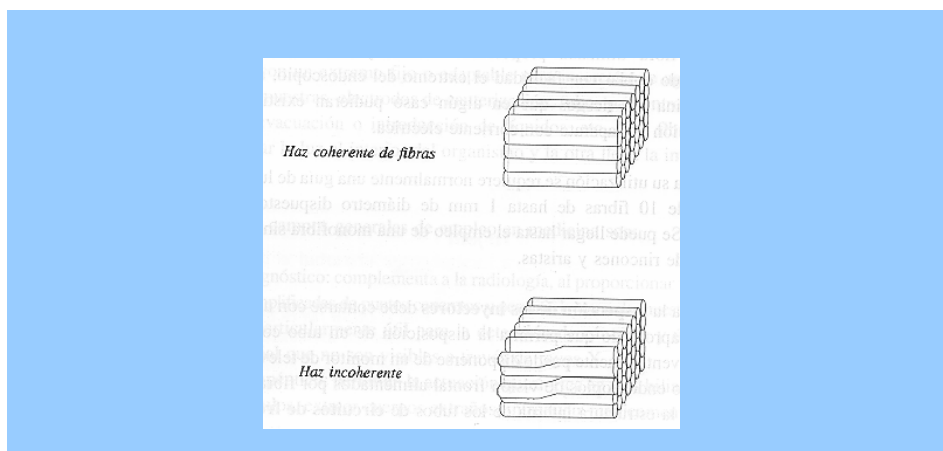
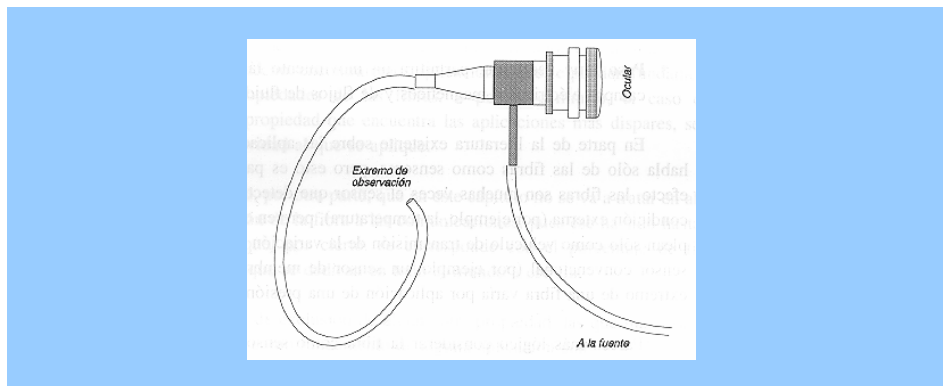
Sirven para la observación de zonas de difícil acceso

Elementos que lo constituyen

FUENTE DE LUZ: Halógena o de cuarzo.

HAZ DE FIBRAS : Unas para iluminar, otras para “ver”

ELEMENTOS ÓPTICOS



Aplicaciones basadas en la transparencia

Aplicaciones del endoscopio

Inspección de motores y turbinas

En el control de calidad de los procesos de fabricación se realiza el análisis de las oquedades provocadas por burbujas de aire atrapadas en el proceso.

Medicina

Laringoscopios, broscopios, gastroscopios, etc.

Una fibra se encarga de transportar la luz al interior del organismo y la otra la imagen. Los campos generales de actuación son:

Diagnóstico
Terapéutico
Postoperatorio

Análisis remoto de muestras

Se dispone de un haz de fibras: Parte del haz lleva luz y el resto recoge la luz reflejada. A continuación se compararan y se pueden determinar determinados parámetros

Reproducción tridimensional de imágenes

Se divide el haz en varios grupos, cada uno para un plano. Por superposición de planos es posible reproducir la imagen

Una aplicación más sencilla es la lectura de tarjetas perforadas

Medicina

Laringoscopios, broscopios, gastroscopios, etc.

Una fibra se encarga de transportar la luz al interior del organismo y la otra la imagen. Los campos generales de actuación son:

Diagnóstico
Terapéutico
Postoperatorio

Análisis remoto de muestras

Se dispone de un haz de fibras: Parte del haz lleva luz y el resto recoge la luz reflejada. A continuación se compararan y se pueden determinar determinados parámetros

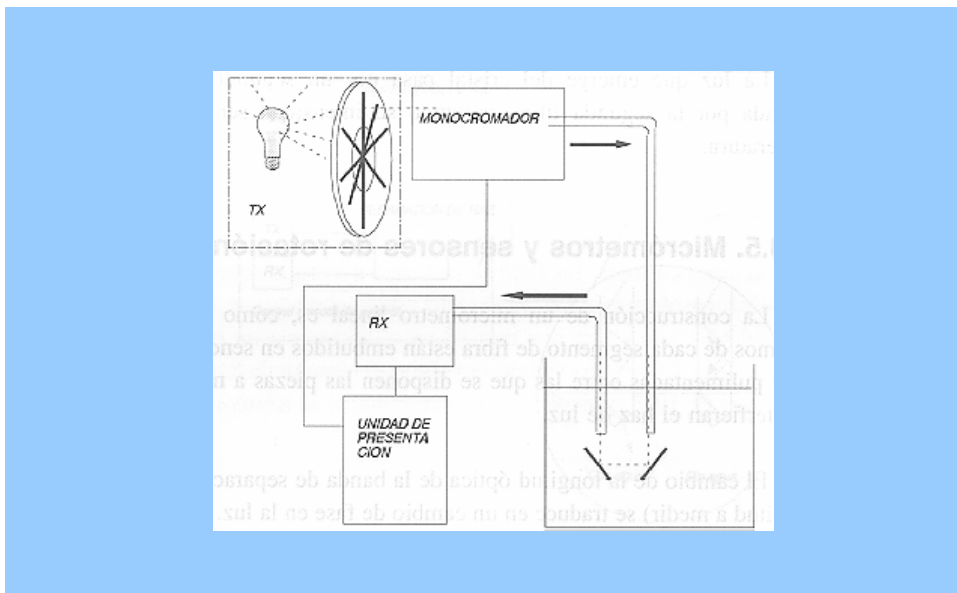
Conmutadores

Constan de una fibra partida en cuyo espacio de separación se inserta:

- Un material de transparencia variable
- Un elemento móvil

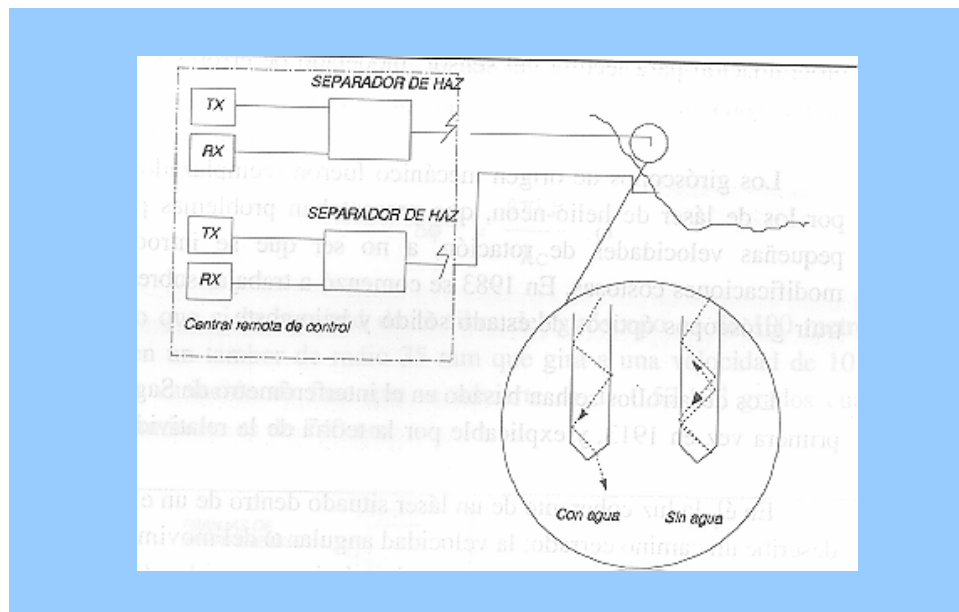
Medidas de contaminación y reflexión

La mayor parte de los compuestos se caracterizan por un espectro en las zonas infrarroja o ultravioleta que permite detectar su concentración



Detectores de nivel

Presentan como problema la suciedad



Sensores

Ventajas

Insensibilidad a perturbaciones electromagnéticas

Aislamiento galvánico

Químicamente inertes

Adecuados para medios inflamables

Flexibilidad

Pequeño peso

Débil atenuación

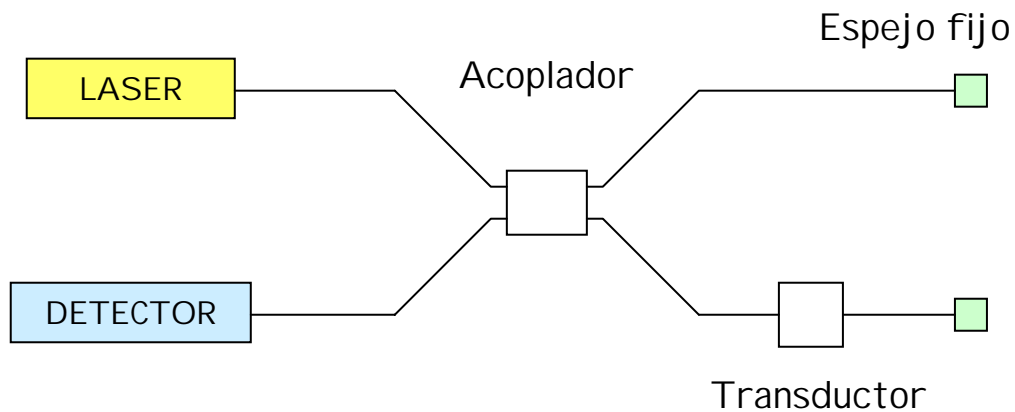
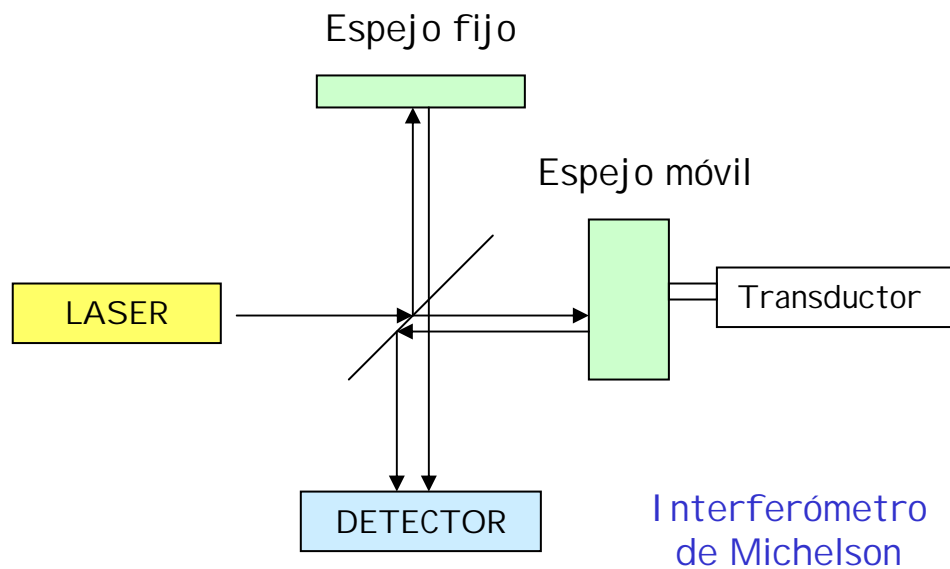
Gran ancho de banda

Precisión

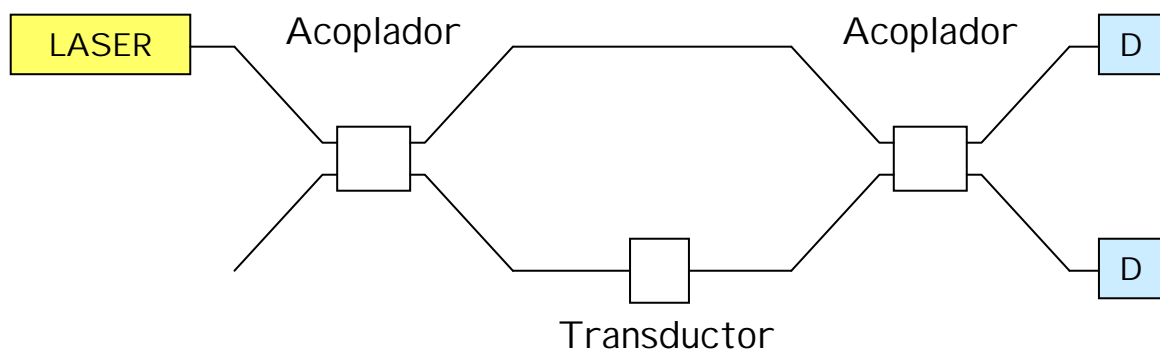
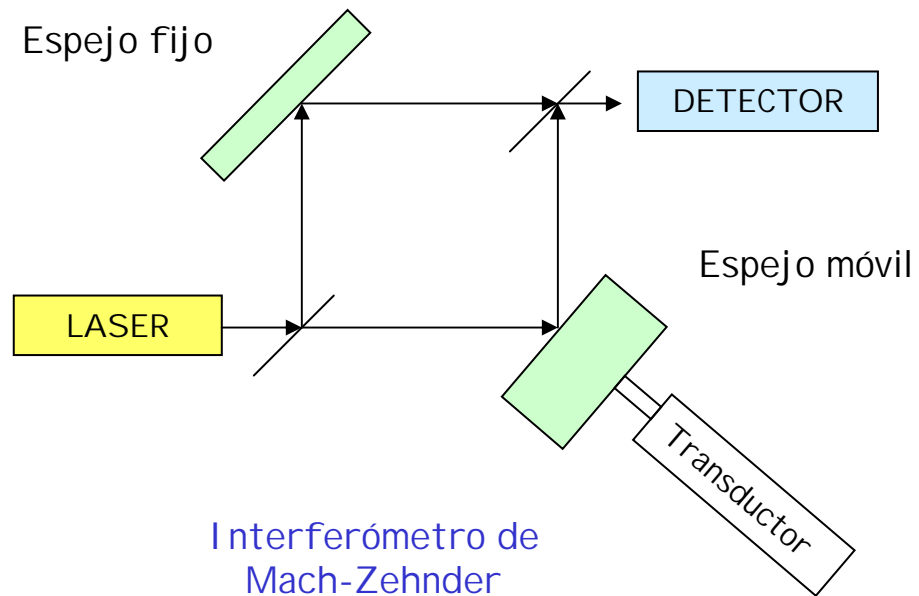
Estabilidad

Difícil interceptación

Sensores interferométricos



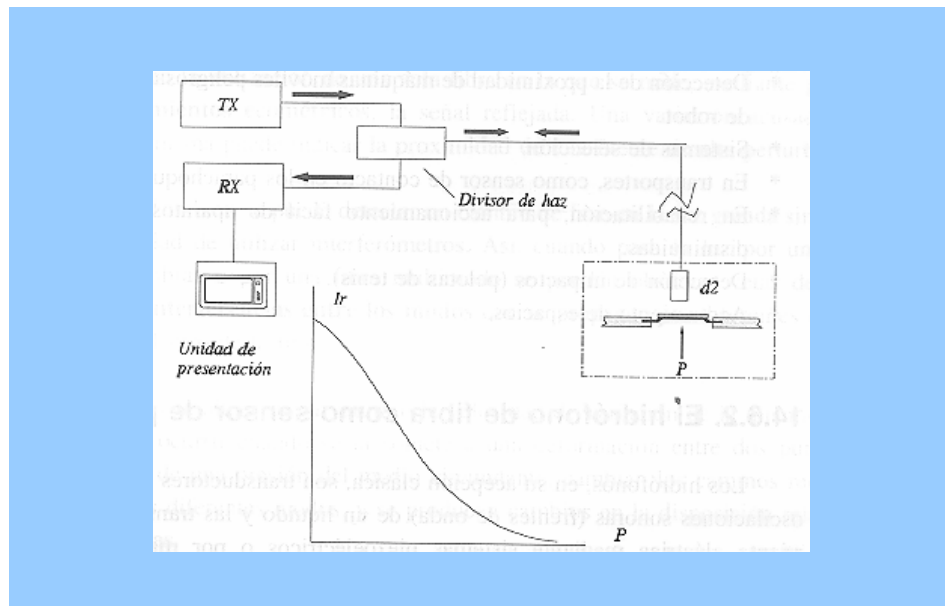
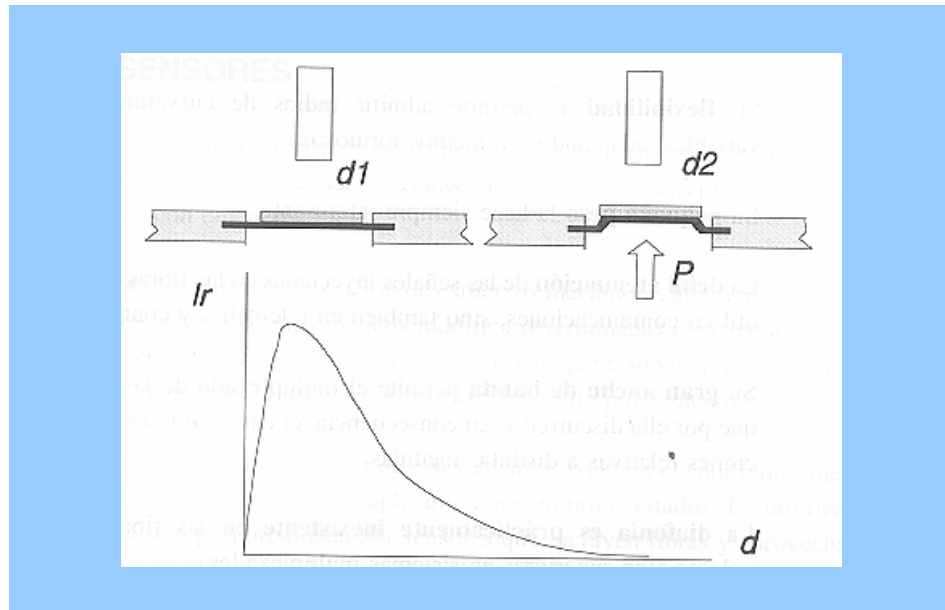
Sensores interferométricos



Interferómetro de Mach-Zehnder realizado con fibra

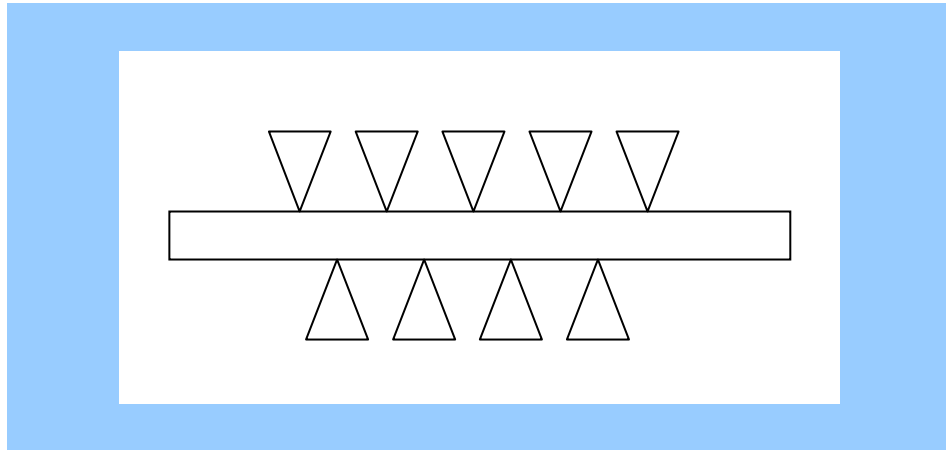
Sensores de presión

Mediante reflexión



Sensores de presión

Esterillas de reflexión



Detección de proximidad de máquinas peligrosas
Sensor de contacto en parachoques
Detección de impactos (pelotas de tenis)

El hidrófono

Transforma oscilaciones sonoras en un medio líquido

Existen dos posibilidades de medida:

Mediante técnicas interferométricas
Mediante técnicas ecométricas

Sensores de temperatura

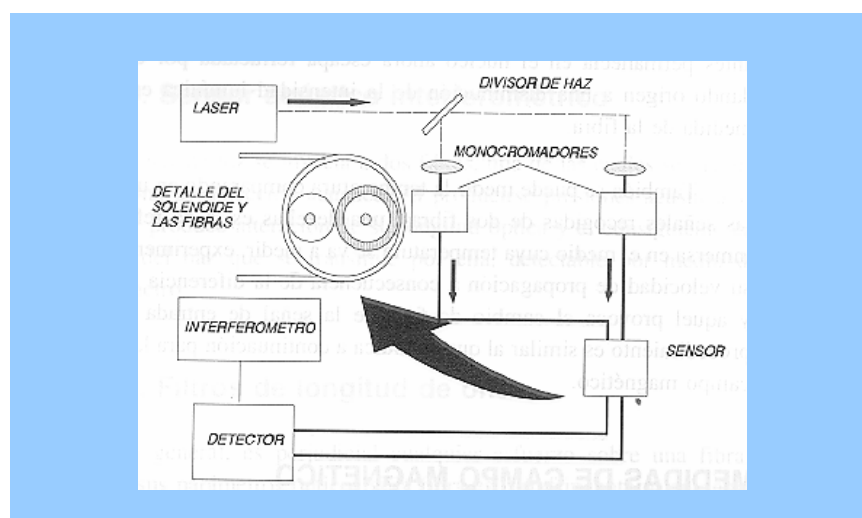
Existen diferentes tipos en función el hecho en que están basados

1. El Núcleo y la envoltura varían de modo distinto su índice de refracción al cambiar la temperatura.
Al aumentar la temperatura, disminuye la diferencia de índices y llega menor luz
2. Utilizando métodos interferométricos
3. Utilizando la fibra como guía de luz y midiendo en la zona del infrarrojo

Medidas de campo magnético

Se basan en la variación del plano de polarización de la luz

Otra posibilidad es utilizar técnicas interferométricas



Sensores de temperatura y campos el.-mag.

Ventajas

Resulta más sencilla la codificación de mensajes

Escaso peso: industria aeronáutica

Inmunidad a interferencias electromagnéticas

Inmunidad a radiaciones nucleares

Aplicaciones

Comunicaciones en general

Interconexión de radares

Enlaces entre centros de campaña móviles

Lanzamiento de misiles