EL CANAL ÓPTICO: LA FIBRA ÓPTICA

Contenido

1.- Sistemas ópticos de comunicación.
2.- La fibra óptica.
3.- Naturaleza de la luz.
4.- Modos de propagación en la fibra óptica.
5.- Cable de fibra óptica.



Objetivo

Describir el estado del arte de la comunicación por fibra óptica. Explicar cómo se propaga la luz en una fibra y la operación de los 3 tipos de fibra, comparando su desempeño.

Última modificación:
21 de noviembre de 2011

Tema 1 de:
COMUNICACIONES ÓPTICAS

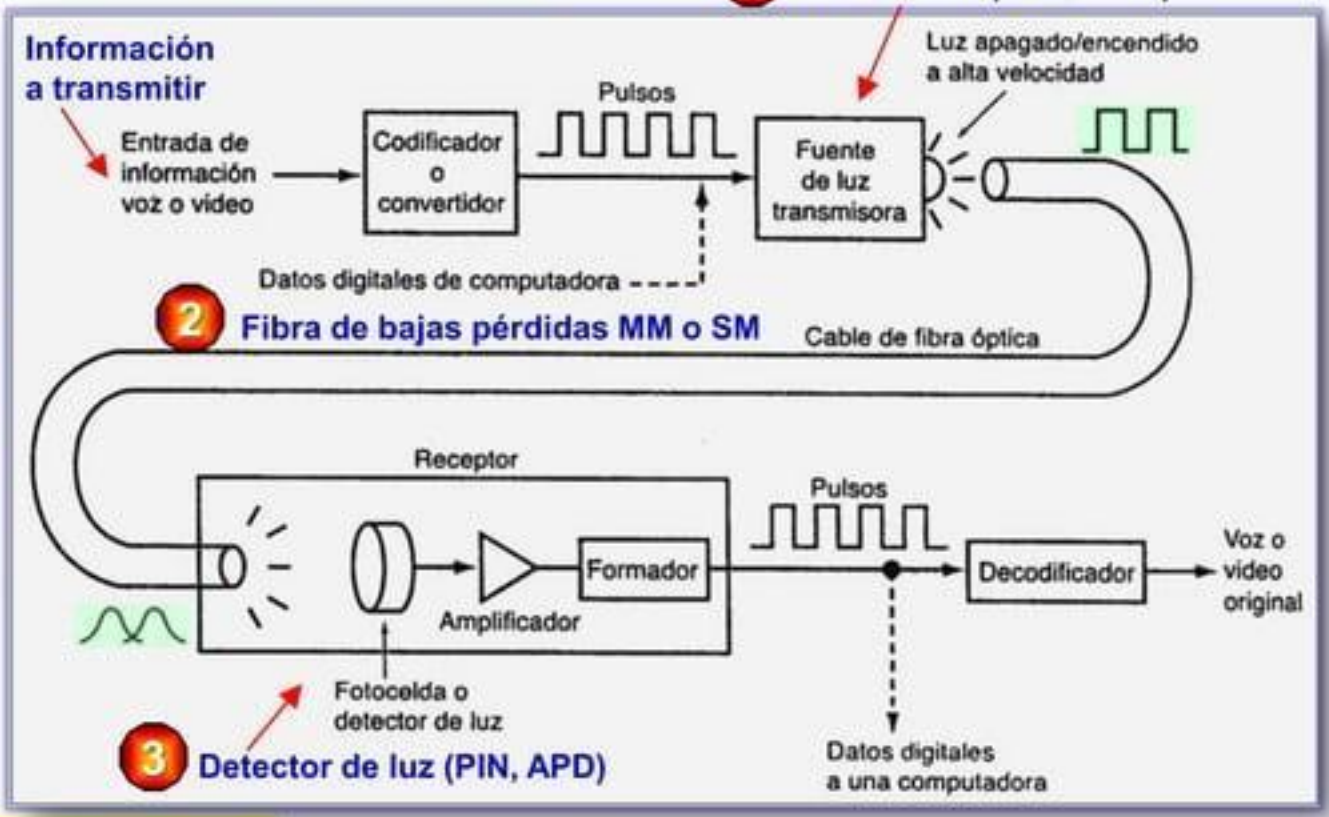
Edison Coimbra G.

1.- Sistemas ópticos de comunicación

Se puede transmitir luz por una fibra óptica

Sistema óptico básico





Sistema óptico bidireccional

Un **sistema óptico bidireccional** se forma implementando un segundo grupo idéntico de dispositivos de modulación y detección en sentido opuesto.

Los pulsos digitales se convierten a pulsos de luz

Capacidad de los sistemas ópticos

Visión de la tecnología óptica

No existe un mejor medio físico conocido que la **fibra óptica**, y ninguna señal fuente mejor que la **luz** para resolver los nuevos y emergentes requerimientos de transmisión" … "la fibra óptica es un medio de propagación a prueba de **futuro**" (Editorial Revista IEEE, marzo 2000).

Estado del arte al 2011



- Un **láser** es capaz de emitir 10^{16} fotones/s.
- Un buen **fotodetector** distingue un bit "1" con 10 fotones

Por tanto, se dispone de una **capacidad de transmisión** de 10^{15} bps es decir, **1 Pbps**.

Esta **capacidad de transmisión** (ancho de banda) está limitada sólo por la **tecnología disponible** de generación y de recepción de la señal.

Además, la **distancia** de transmisión es significativamente grande por la **baja atenuación** que presenta la fibra. Una señal óptica se transmite a lo largo de muchos km sin necesidad de regeneración.

La fibra tiene un ancho de banda ilimitado.

Desarrollo de las tecnologías ópticas

Garantizan al acceso a altas velocidades

Altas velocidades en el acceso

Fibra óptica: la UPV coordina un proyecto europeo para ofrecer conexiones de 10 Gbps

Fuente: EFE. 11 de octubre de 2010.

La Universidad Politécnica de Valencia coordina un proyecto europeo para ofrecer conexiones a Internet de 10 Gbps a cada usuario y que dotará de "inteligencia" a la red de transmisión de datos a través de una "nueva arquitectura del entramado de fibra óptica".

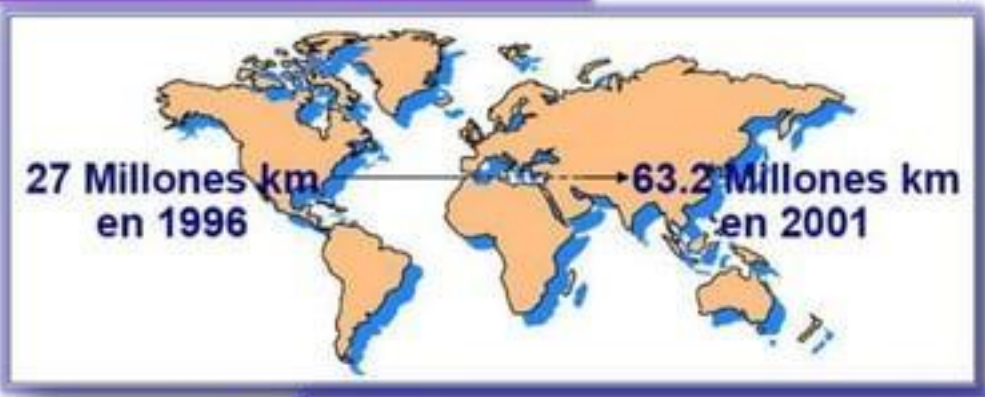


Según ha informado la Politécnica en un comunicado, el desarrollo de este proyecto permitirá mejorar los servicios de Internet, telefonía convencional, televisión y conectividad sin cables (wi-fi), además de nuevos avances en servicios de seguridad y control en el hogar.

La red de transporte óptica muy pronto superará los 400 Gbps.

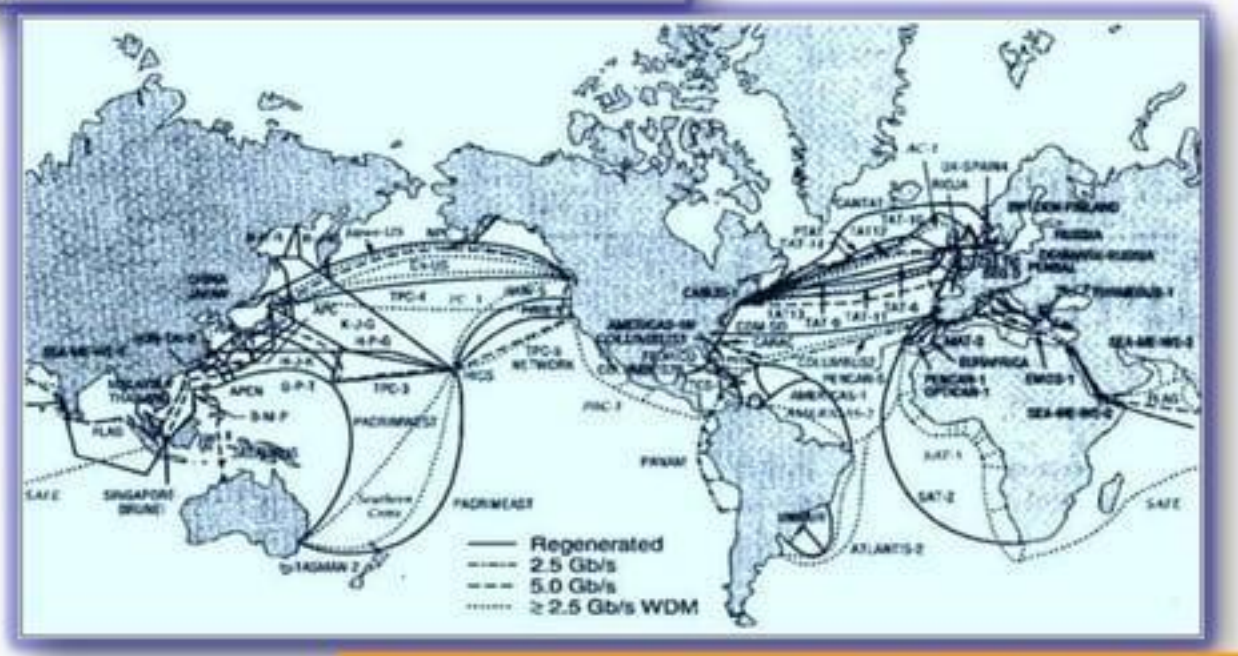
Redes de fibra óptica en el mundo

Crecimiento a nivel mundial



Al 2011 sobrepasan los 100 millones de km.

Cables ópticos submarinos



La ocupación del total de fibras no sobrepasa el 20%

Redes de fibra óptica en América Latina

Existen varios proveedores de red

Cable submarino de fibra óptica ***Proyecto Nautilus***.



Redes ópticas en Bolivia.



Los dueños son empresas proveedoras de fibra.

Redes de fibra óptica en una ciudad

En Santa Cruz de la Sierra

Anillos ópticos de COTAS



Otros operadores como Entel y AXE también tienen anillos ópticos.

Aplicaciones de los sistemas ópticos

Redes troncales

- Los cables de fibra óptica se encuentran en las **redes troncales (redes de transporte)** porque su gran ancho de banda es rentable frente al costo. Actualmente, con multiplexación por longitud de onda densa (**DWDM**), se pueden transportar datos a una velocidad de 160 Gbps. La red SONET/SDH proporciona esta troncal.

Redes HFC

- Las compañías de TV por cable usan una combinación de fibra óptica y de cable coaxial, creando una **red híbrida HFC**. Las fibras proporcionan la estructura troncal mientras que el coaxial proporciona la conexión a los domicilios de los usuarios. Esta configuración es rentable porque el bajo ancho de banda que necesita el usuario aún no justifica plenamente el uso de fibra óptica.

Redes LAN

- Las **redes de área local** (LAN) como las 100Base-FX (Fast Ethernet) y 1000Base-X también usan cables de fibra óptica.

Redes de acceso

- Las empresas de telecomunicaciones están definiendo avanzadas redes convergentes basadas en IP, que permiten ofrecer más servicios sobre la misma infraestructura. Entre las tecnologías más interesantes que están permitiendo esta convergencia cabe destacar, en la parte del bucle de abonado, a **GPON** (*Gigabit Passive Optical Network*), la tecnología de acceso mediante fibra óptica con arquitectura punto a multipunto.

2.- La fibra óptica

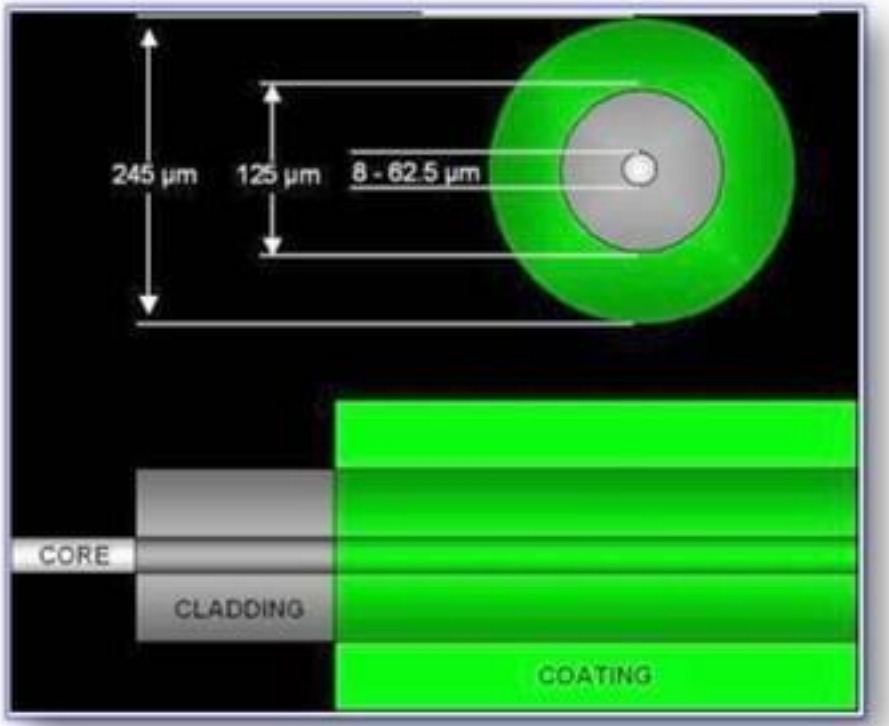
¿Qué es la fibra óptica?

Es un hilo de vidrio y plástico compuesto por 3 capas concéntricas que difieren en propiedades.

1. **Núcleo (core)**. Es un hilo de vidrio fabricado con SiO_2. Conduce la luz. De 8 a 62,5 µm de diámetro.

2. **Revestimiento (cladding)**. Es un tubo de vidrio fabricado con SiO_2, de distinta densidad óptica que el núcleo. Confina la luz dentro del núcleo. De 125 µm de diámetro.

3. **Color (coating)**. Es un buffer o amortiguador de plástico. Protege al núcleo y al revestimiento de cualquier daño. De 245 µm de diámetro.



¿Qué tan gruesa es la fibra?

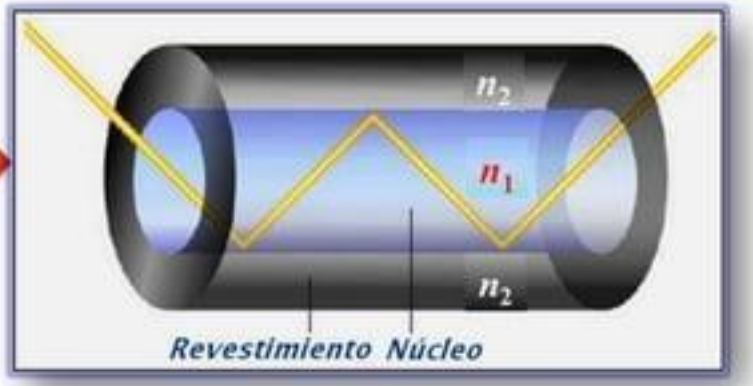
Tiene dimensiones similares a la del cabello humano que tiene un diámetro de 75 µm.

Por ser dieléctrica, el ruido electromagnético no le afecta.

Diseño básico de una fibra óptica

¿Cómo trabaja la fibra óptica?

- El **rayo de luz** se enciende y se apaga para transportar datos por una fibra (**1**'s y **0**'s).
- El **rayo** ingresa al **núcleo** y debe permanecer en él hasta que llegue al otro extremo.
- El **rayo** no debe refractarse en el revestimiento porque eso significaría perder parte de su energía.



Es necesario, por tanto, lograr un diseño de fibra en el que:

- El **revestimiento** actúe como un **espejo** para el rayo de luz.
- Y el **núcleo** se comporte como una **guía de ondas** para el rayo de luz.



¿Cómo diseñar una fibra óptica?

Las **leyes de reflexión** y **de refracción** orientan cómo diseñar una fibra que guíe las ondas de luz con una mínima pérdida de energía:

- El **núcleo** debe tener una **densidad óptica** mayor que la del **revestimiento** para que ocurra el fenómeno de la **reflexión interna total**.

El revestimiento confina la luz en el núcleo.

Índice de refracción de las sustancias

Modelo de rayo de luz

Las ondas electromagnéticas, como **la luz**, se alejan de la fuente viajando en **líneas rectas**. Estas líneas reciben el nombre de **rayos**.



En el vacío, la luz viaja a **300.000 km/s**, pero en otras sustancias como el aire, el agua y el vidrio, lo hace a menores velocidades debido a que ópticamente son más densas.

La **densidad óptica** de una sustancia se refiere a cuánto la **velocidad** del rayo de luz disminuye al atravesarla. Cuanto mayor sea, más se desacelera la luz en relación a su velocidad en el vacío.

La medida de la densidad óptica es el índice de refracción

El **índice de refracción** (n) de una sustancia se define como la velocidad de la luz en el vacío dividido por la velocidad de la luz en esa sustancia.

$$n = \frac{c}{v} = \sqrt{\varepsilon_r}$$

- n = índice de refracción de la sustancia.
- c = 300.000 km/s. Velocidad de la luz en el vacío.
- v = velocidad de la luz en la sustancia. En km/s.
- ε_r = permitividad relativa de la sustancia.

Valores para sustancias comunes

Sustancia	Índice de refracción
Aire	1.000
Vidrio	1.523
Diamante	2.419
Agua	1.333

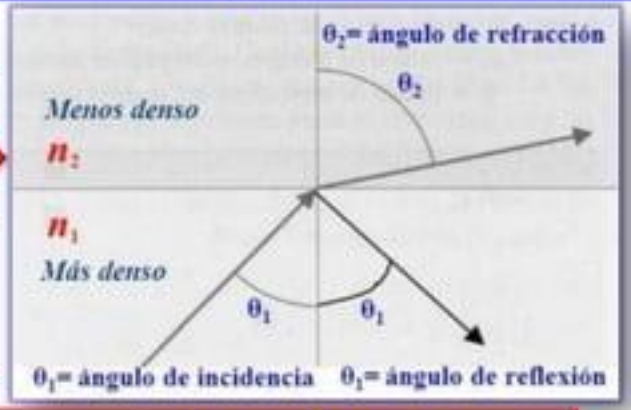
En el **vidrio**, es posible aumentar el **índice de refracción** agregándole productos químicos. Si se produce un vidrio muy puro, se reduce el **índice de refracción**.

Una sustancia con mayor n es más densa y desacelera más la luz.

Reflexión y refracción de la luz en la fibra óptica

Leyes de reflexión y de refracción de la luz

Cuando un rayo de luz (**rayo incidente**) toca la frontera entre 2 sustancias de **distinta densidad**, se divide en 2 partes:

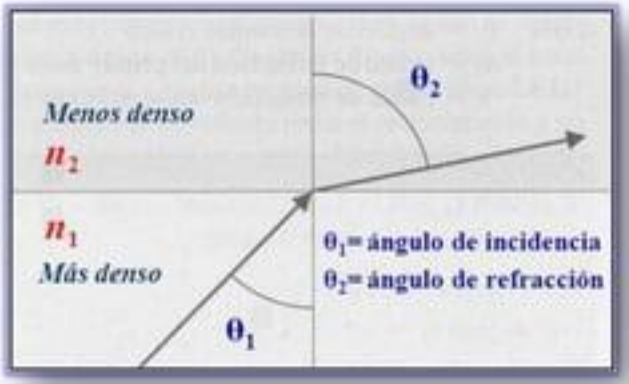


1. Una parte se refleja a la primera sustancia (**rayo reflejado**), con un **ángulo de reflexión** igual al ángulo de incidencia.

2. La energía restante cruza la frontera y penetra a la segunda sustancia (**rayo refractado**), pero se desvía de su trayecto original con un **ángulo de refracción** que depende del ángulo de incidencia y de los índice de refracción de las dos sustancias.

Ley de Refracción de Snell

En 1626 se formula la **Ley de Snell** que establece la relación entre los **ángulos de incidencia** y de **refracción** de un rayo que incide en la frontera entre dos sustancias con diferentes **índices de refracción**.



$$n_1 \operatorname{sen} \theta_1 = n_2 \operatorname{sen} \theta_2$$

- n_1 = índice de refracción de la sustancia 1.
- n_2 = índice de refracción de la sustancia 2.
- θ_1 = Ángulo de incidencia. En °.
- θ_2 = Ángulo de refracción. En °.

La luz al pasar a un medio menos denso aumenta su velocidad

Ángulo crítico de la fibra óptica - Ejercicios

Ejercicio 1

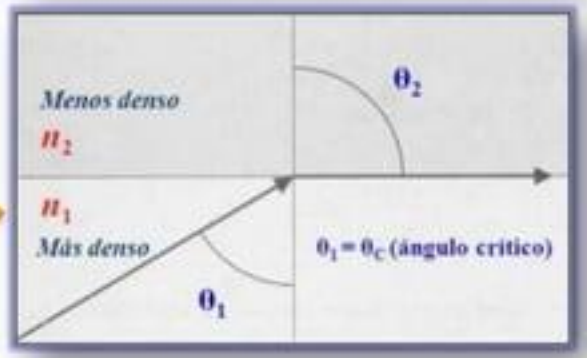
Ley de Snell. Una fibra tiene un índice de refracción de 1.6 para el núcleo y 1.4 para el revestimiento. Si el rayo incidente toca la frontera con un ángulo de incidencia de 30°, calcule el ángulo de refracción con el que se desvía el rayo en el revestimiento.



Respuesta.- *$\theta_2 = 34{,}8°$. El rayo se refracta; al entrar al otro medio menos denso, aumenta su velocidad y cambia de dirección.*

Ejercicio 2

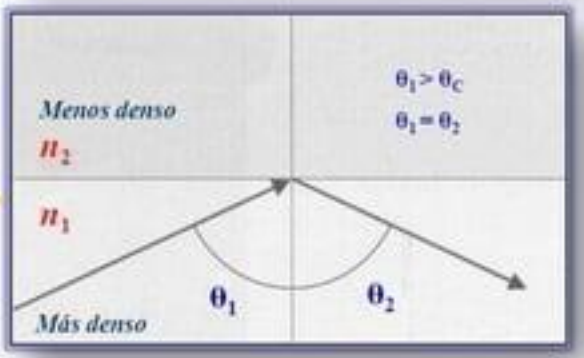
Ángulo crítico. Una fibra tiene un índice de refracción de 1.6 para el núcleo y 1.4 para el revestimiento. Calcule el ángulo de incidencia (**ángulo crítico**) con el cual el rayo debe tocar la frontera para que el rayo refractado se propague a lo largo de dicha la frontera.



Respuesta.- *$\theta_1 = \theta_C = 61°$. El ángulo crítico se calcula para un ángulo de refracción $\theta_2 = 90°$.*

Ejercicio 3

Reflexión interna total. Una fibra tiene un índice de refracción de 1.6 para el núcleo y 1.4 para el revestimiento. Si el rayo incidente toca la frontera con un ángulo de incidencia de 70°, calcule el ángulo de reflexión del rayo reflejado en el núcleo.



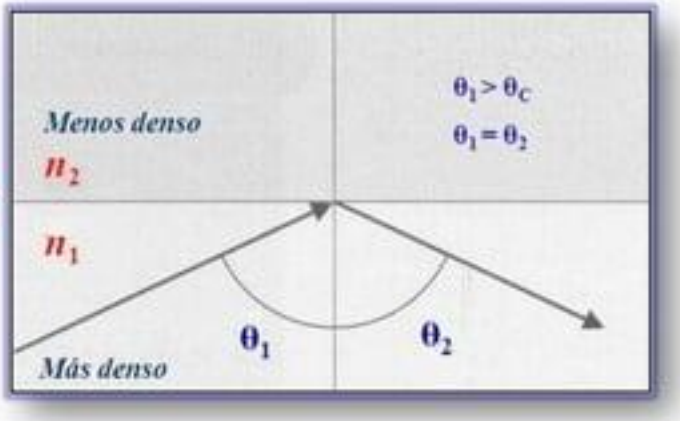
Respuesta.- *$\theta_2 = 70°$. Para ángulos de incidencia mayores que el ángulo crítico ($\theta_1 > \theta_C$), el rayo se **refleja** en la sustancia más densa con un ángulo de reflexión igual al incidente. Se produce la **reflexión interna total**.*

Reflexión interna total en la fibra óptica

Condiciones para la reflexión interna total

1. El núcleo debe tener un índice de refracción mayor que el del revestimiento ($n_1 > n_2$).

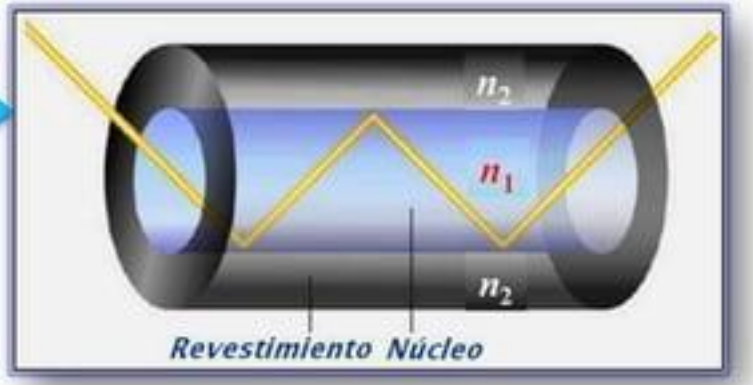
2. El ángulo de incidencia del rayo de luz debe ser mayor que el ángulo crítico para el núcleo y su revestimiento ($\theta_1 > \theta_C$).



Entonces, se produce la reflexión interna total

Si se cumplen estas dos condiciones, toda la luz que incide en la fibra se refleja dentro de ella; se produce la **reflexión interna total**, que es la base sobre la que se construye una fibra óptica.

La reflexión interna total hace que los **rayos de luz** dentro de la fibra **reboten** en el límite entre el núcleo y el revestimiento y que continúen su recorrido hacia el otro extremo de la fibra.



La luz sigue un trayecto en zigzag a lo largo del núcleo de la fibra.

Apertura numérica de la fibra óptica

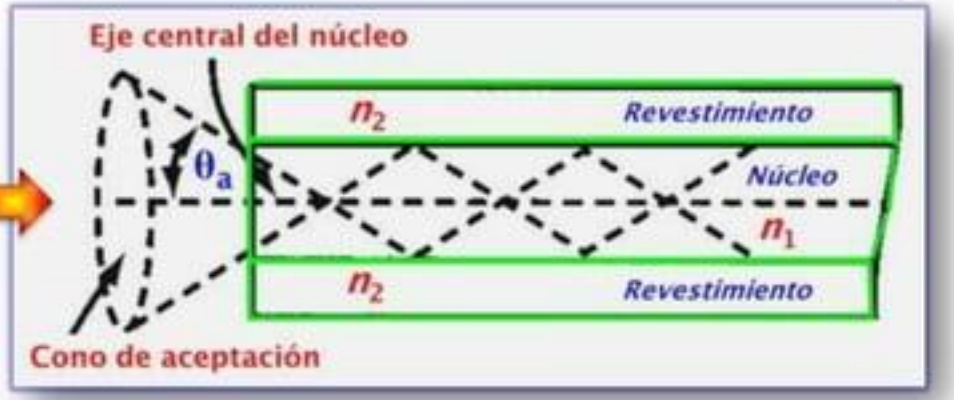
¿Cómo controlar el ángulo de incidencia?

Para que se produzca la reflexión interna total en una fibra, se debe controlar el **ángulo de incidencia** de los rayos de luz que entran al núcleo. Este control se efectúa restringiendo la **apertura numérica**.

¿Qué es la apertura numérica?

La **apertura numérica (NA)** del núcleo es el **rango** de ángulos de incidencia de los rayos de luz que ingresan a la fibra y que se reflejan internamente.

La fuente de luz se debe posicionar de tal modo que todos los rayos entren por un ***cono de aceptación*** imaginario.



$$NA = \operatorname{sen} \theta_a$$

$$NA = \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$$

NA = apertura numérica de la fibra.
θ_a = Ángulo de aceptación. En °.
n_1 = índice de refracción del núcleo.
n_2 = índice de refracción del revestimiento.

Conexión típica de láser.



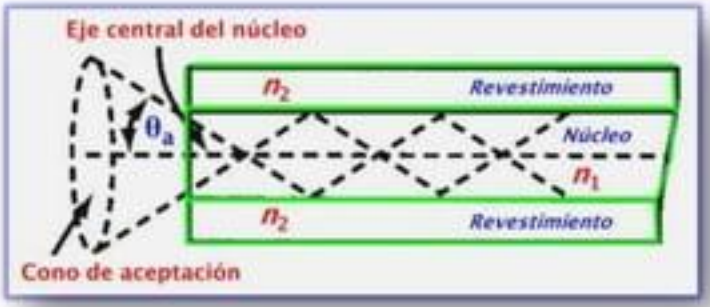
La NA típica para las fibras varía entre 0.1 y 0.5.

La fibra óptica - Ejercicios

Ejercicio 4

Apertura numérica. Calcule la apertura numérica y el ángulo de aceptación máxima (a partir de eje de la fibra) para una fibra que tiene un índice de refracción de 1.6 para el núcleo y 1.4 para el revestimiento.

Respuesta.- *NA = 0.77* $\theta_a = 50{,}8°$



Ejercicio 5

Características de la fibra. Los índices de refracción del núcleo y del revestimiento de una fibra óptica son de 1.5 y 1.45, respectivamente. Calcule:

a) La velocidad de la luz en el núcleo.
b) El ángulo crítico para un rayo que se mueve del núcleo al revestimiento.
c) La apertura numérica de la fibra.
d) El ángulo máximo (a partir del eje de la fibra) en el que se acepta la luz

Respuesta.-

a) 200.000 km/s
b) 75°
c) 0,384
d) 22,6°

Ejercicio 6

Reflexión interna total . ¿Qué es la reflexión interna total? ¿En qué circunstancias ocurre?

Respuesta.-
Cuando el ángulo de incidencia es mayor que el crítico.

Ejercicio 7

Diseño de fibra. Suponga que lo han contratado para diseñar una fibra óptica. Cuenta, para ello, con dos tipos de vidrio: uno *A* con un índice de refracción de 1.3 y otro *B* con 1.5. Determine cuál vidrio debe utilizar como núcleo y cuál como revestimiento y calcule la apertura numérica que tendrá la fibra.

Respuesta.- *Núcleo: vidrio B y revestimiento: vidrio A.*
NA = 0.75

La apertura numérica la especifica el fabricante.

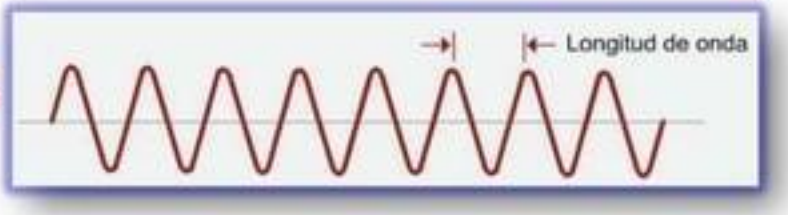
Los rayos que entran por el cono se propagan por la fibra.

3.- Naturaleza de la luz

¿Qué es la luz?

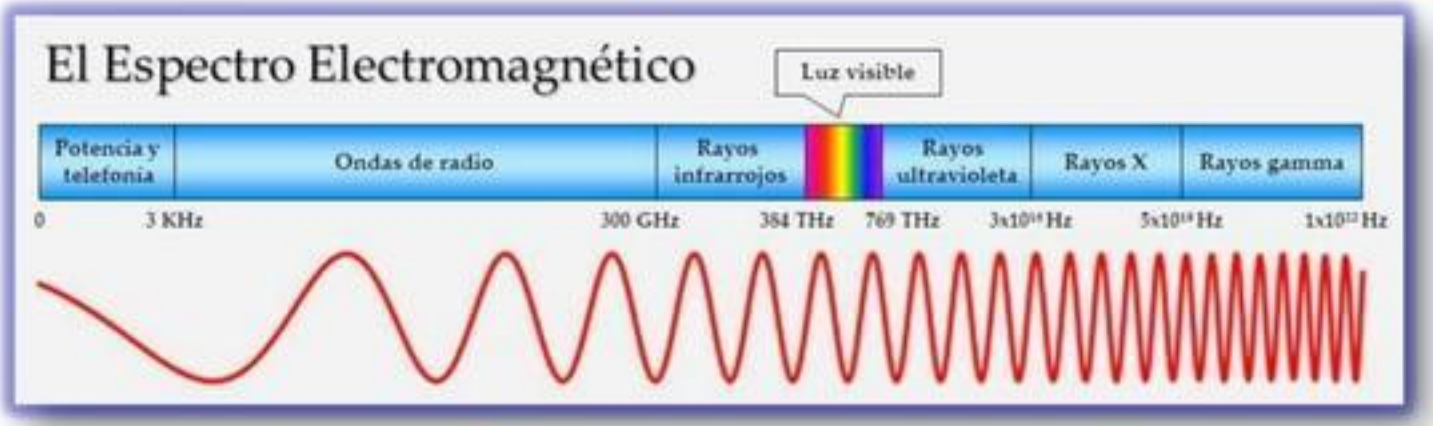
La **luz** es un tipo de **energía electromagnética**. Cuando una carga eléctrica se mueve hacia adelante y hacia atrás, produce una energía electromagnética.

Esta energía, en forma de **ondas**, puede viajar por el vacío, el aire y algunos materiales como el **vidrio**. Una propiedad importante de toda onda de energía es la **longitud de onda (λ)**.



El espectro electromagnético

Las ondas de radio, las microondas, la **luz** visible, los rayos X y los rayos gama parecen ser muy diferentes; sin embargo, todos son tipos de **energía electromagnética**. Si se ordenan desde la mayor longitud de onda hasta la menor, o desde la menor frecuencia de la onda a la mayor, se crea un continuo denominado **espectro electromagnético**.



A mayor frecuencia de la onda, menor longitud de onda

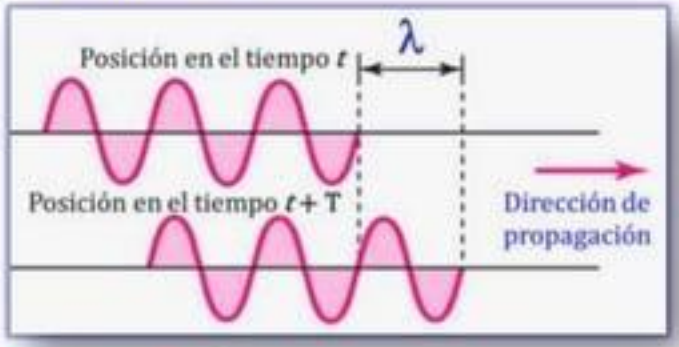
Longitud de onda de las ondas electromagnéticas

La longitud de onda y la frecuencia de la onda

La **longitud de onda** es determinada por la **frecuencia** a la que la carga eléctrica que genera la onda se mueve hacia adelante y hacia atrás. Si la carga se mueve lentamente, la longitud de onda es **larga**, si se mueve rápidamente, la longitud de onda es más **corta**.

Como todas las ondas electromagnéticas se generan de la misma manera, comparten muchas propiedades: todas viajan a **300.000 km/s en el vacío**. Esta es también la velocidad de la luz.

La relación entre la **frecuencia** a la que se genera la onda, la **longitud de onda** y la **velocidad de propagación** de la onda en el vacío es la siguiente:



$$v = \frac{d}{t} \Rightarrow c = \frac{\lambda}{T} = f\lambda \Rightarrow \lambda = \frac{c}{f}$$

- v = velocidad. En m/s.
- d = distancia. En m.
- t = tiempo. En s.

- c = velocidad de la luz. 300.000 km/s.
- λ = longitud de onda. En m.
- T = periodo. En s.
- f = frecuencia. En Hz.

Ejercicio 8

Longitud de onda. Una longitud de onda utilizada comúnmente en comunicación óptica es de 1550 nm. Calcule la frecuencia que corresponde a esta longitud de onda, suponiendo propagación en el vacío.

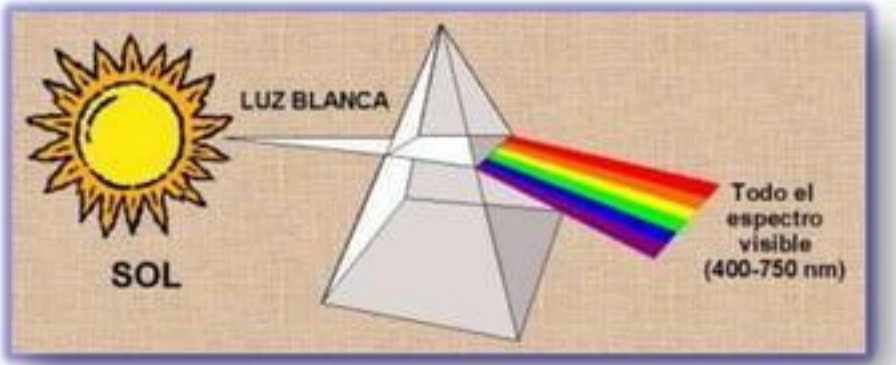
Respuesta.- $f = 193{,}6$ THz

En comunicación óptica se prefiere identificar a las ondas por su longitud de onda.

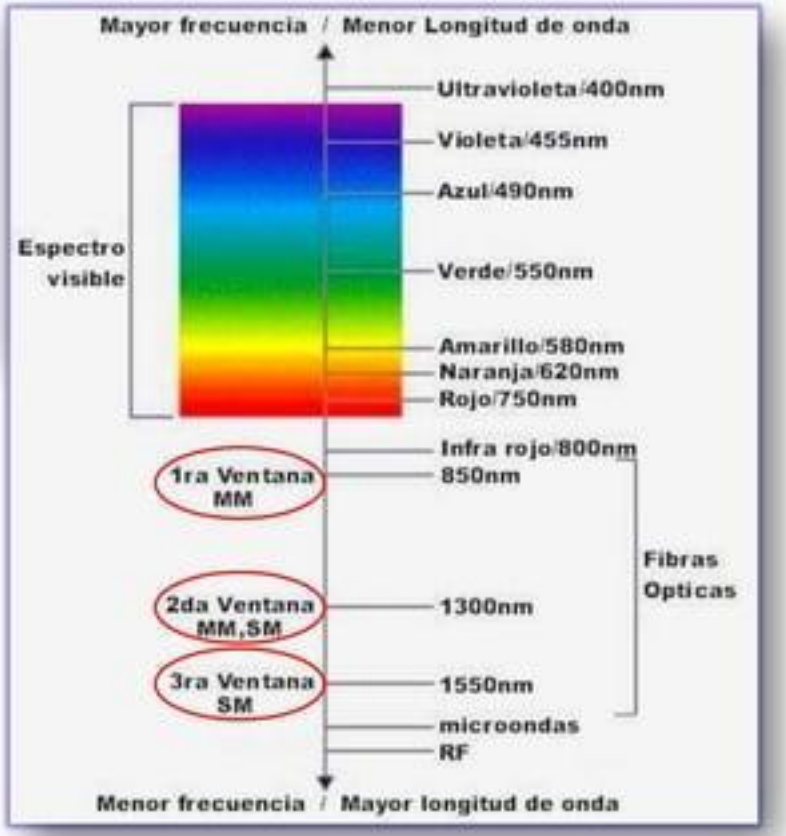
La luz visible e invisible

La luz blanca es la combinación de todos los colores

El ojo humano percibe solo la energía electromagnética de longitudes de onda de entre **400 y 750 nm**, por eso esta energía recibe el nombre de **luz visible**.



Las longitudes de onda de luz más largas (de **750 nm**), se perciben como el **color rojo**, las más cortas (de **400 nm**) como el color **violeta**.



La luz invisible para transmitir datos

Las longitudes de onda **invisibles** al ojo humano se utilizan para transmitir datos a través de una fibra. Estas longitudes de onda son más largas que la de la luz roja y reciben el nombre de **luz infrarroja**. Se identifican **3 ventanas de operación**.

Para transmitir datos se utilizan longitudes de onda de 859, 1310 y 1550 nm.

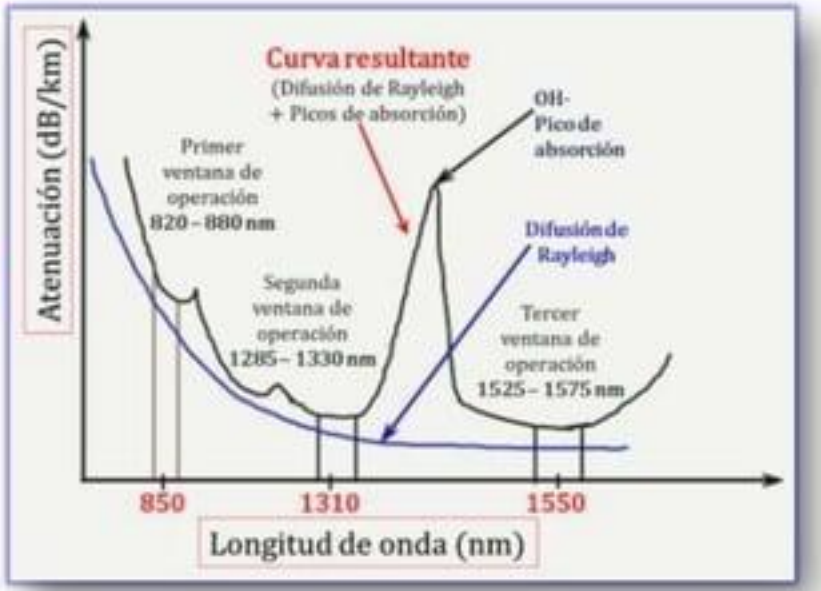
Ventanas de operación en la fibra óptica

Longitudes de onda operativas en una fibra

Las longitudes de onda operativas en una fibra son de **850 nm**, **1310 nm** y **1550 nm**.

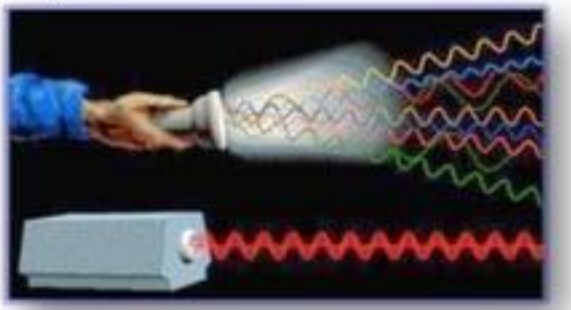
Se seleccionaron estas longitudes de onda porque se transmiten más fácilmente que otras por la fibra y presentan una **atenuación menor**. Se las conoce como **ventanas de operación**.

Para generar estas longitudes de onda se utilizan los **diodos LED** y los **diodos láser**, que emiten luz de un solo color (monocromáticos).



Comparación entre fuentes de luz

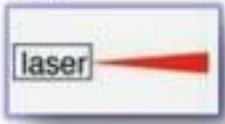
- *Entre una fuente **convencional** y un **LED** o **láser**.*



- *Entre una un **LED** y un **láser**.*



850 nm y
1310 nm



1310 nm y
1550 nm

Con los **láser** se puede transmitir datos a mayor distancia porque son más **directivos**, concentran más la potencia de luz.

Hay una cuarta ventana en desarrollo, de 1625 nm.

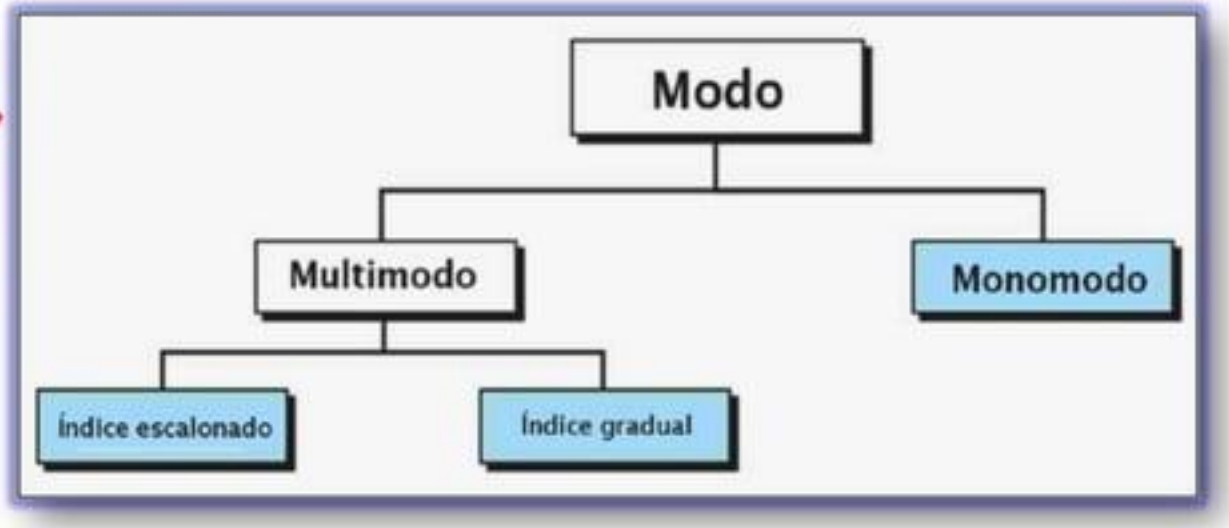
www.coimbraweb.com

4.- Modos de propagación en la fibra óptica

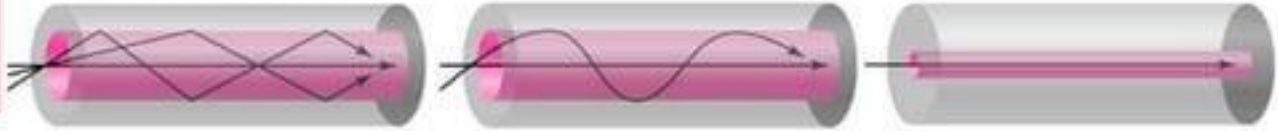
¿Cómo se propaga la luz en una fibra?

Los **rayos de luz** ingresan al núcleo si el ángulo está comprendido en la **apertura numérica** de la fibra. En el núcleo, hay un número limitado de **trayectos** que puede seguir un rayo de luz. Estos trayectos reciben el nombre de **modos**.

Si el diámetro del núcleo es tan **grande** como para permitir **varios trayectos**, esta fibra recibe el nombre de **fibra multimodo**.



Por otro lado, la **fibra monomodo** tiene un núcleo tan **pequeño** que permite que los rayos de luz viajen por **un solo trayecto**.



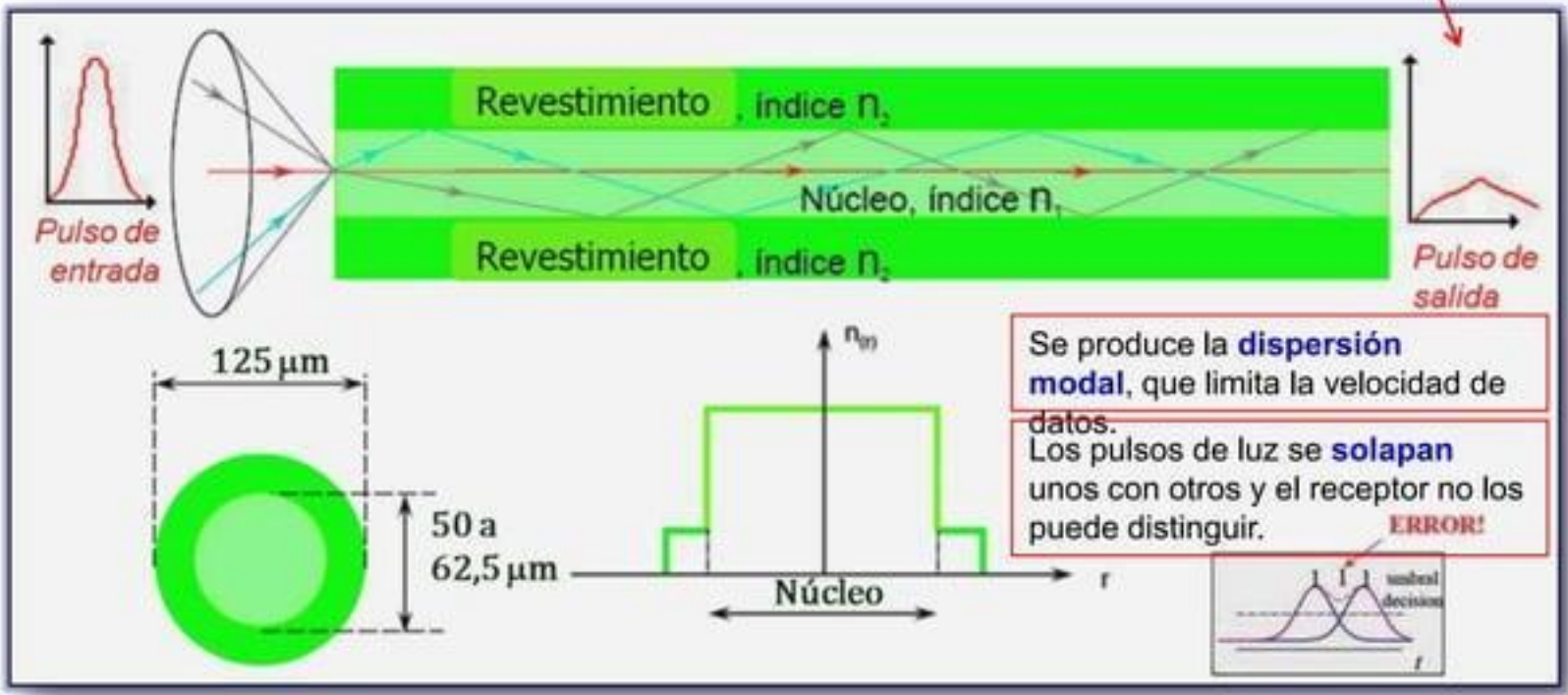
La multimodo MM se usa en distancias cortas.

La monomodo SM se usa en largas distancias.

Fibras multimodo MM de índice escalonado

Los rayos de luz viajan por diferentes trayectos (modos)

Los rayos de luz (generados por LED) viajan por **diferentes trayectos**, por eso llegan a destino en diferentes tiempos. En el extremo se recibe un **pulso largo y débil**.



El **núcleo** tiene un **índice de refracción** constante, desde el centro hasta sus bordes. En la frontera el cambio es abrupto (**escalonado**) a un índice de refracción menor.

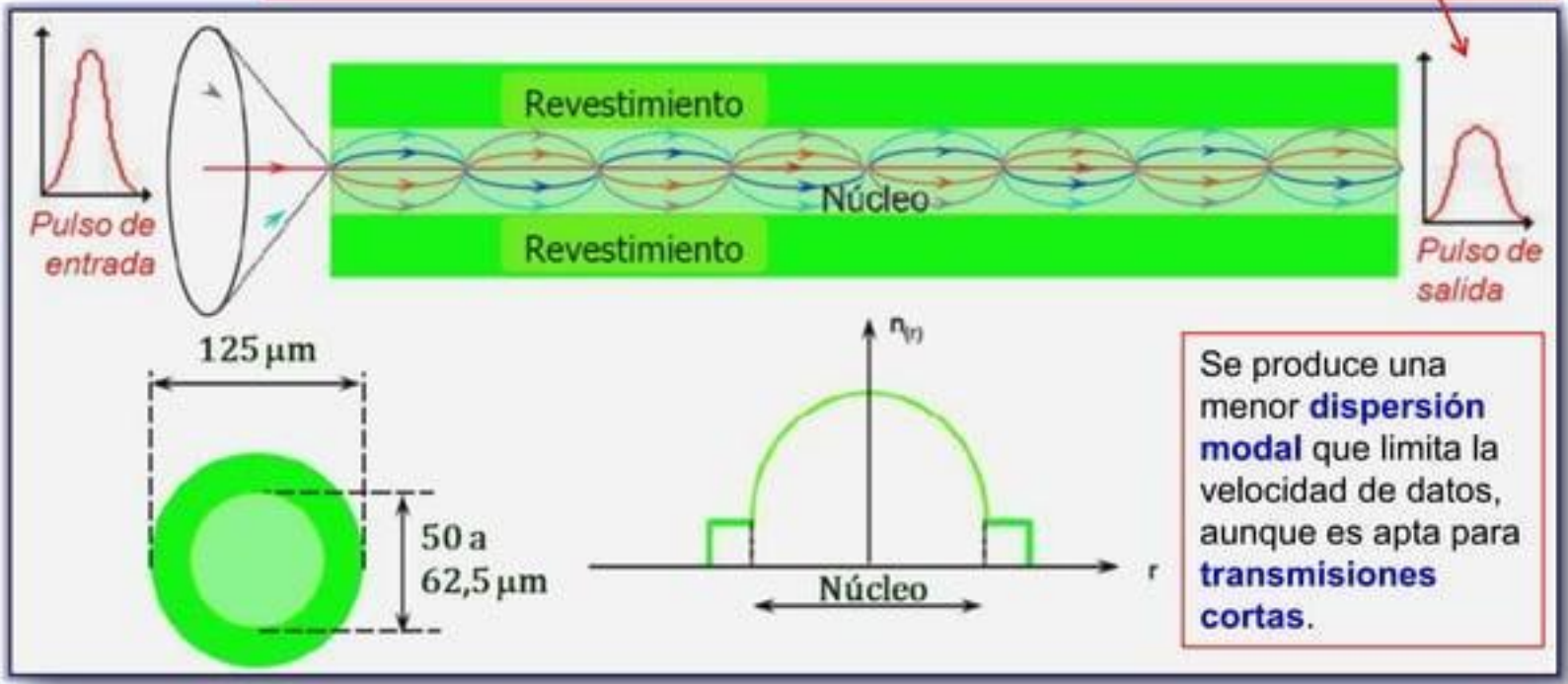
Esta fibra ya no se utiliza.

Los modos son trayectos de luz.

Fibras multimodo MM de índice gradual

Los rayos de luz viajan por diferentes trayectos (modos)

Los rayos de luz (generados por LED o láser) viajan por **diferentes trayectos**; a mayor velocidad en el área externa del núcleo, por eso llegan a destino casi al mismo tiempo. En el extremo de la fibra se recibe un fuerte flash de luz.



Se produce una menor **dispersión modal** que limita la velocidad de datos, aunque es apta para **transmisiones cortas**.

El **núcleo** tiene un **índice de refracción** mayor en el centro y decrece **gradualmente** hasta sus bordes, por tanto, el área externa del núcleo es ópticamente menos densa que en el centro y la luz puede viajar más rápidamente por esta área externa.

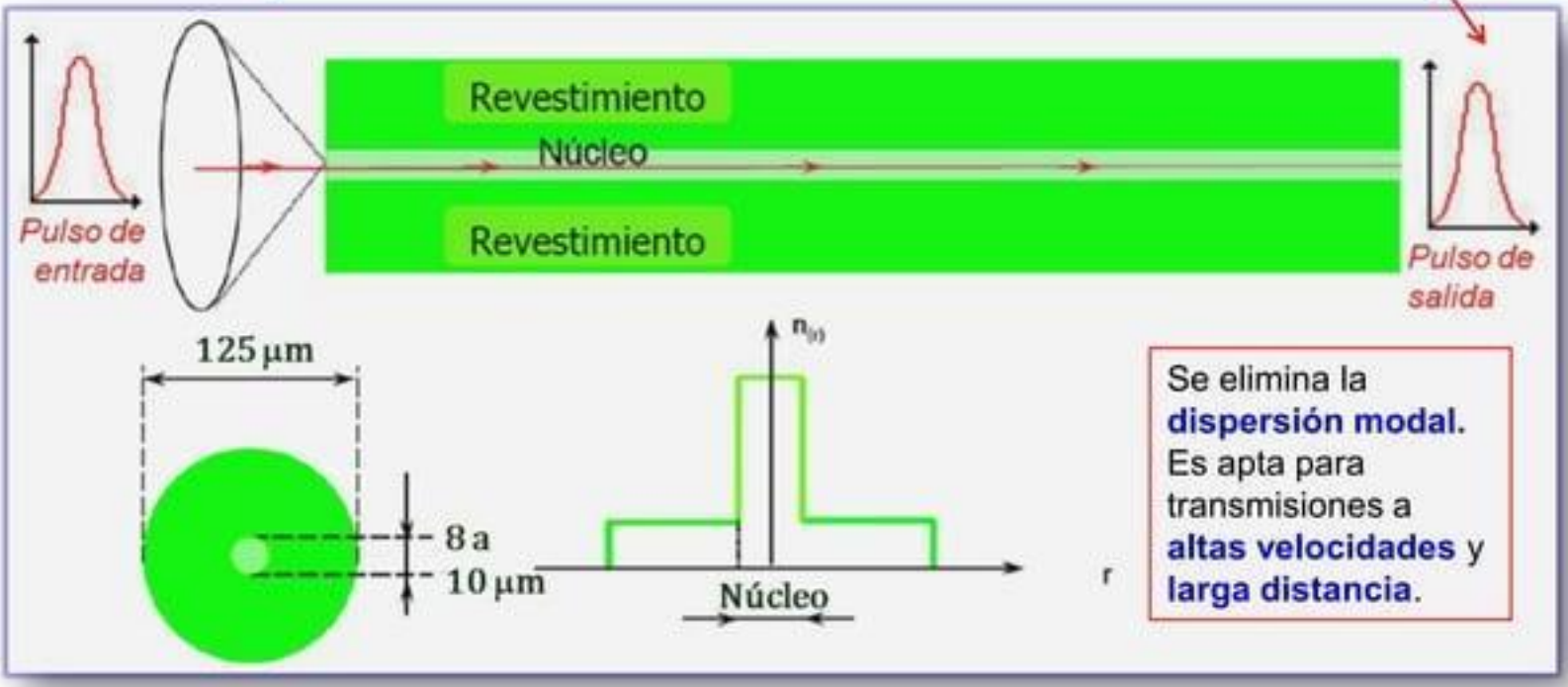
Se utiliza en redes LAN y en la industria.

Los modos son trayectos de luz.

Fibras monomodo SM

Los rayos de luz siguen un único trayecto

Los rayos de luz (generados por láser), ingresan al núcleo en un ángulo de **90°**, por eso viajan en un solo trayecto por el centro del núcleo y llegan a destino al mismo tiempo. En el extremo de la fibra se recibe un fuerte flash de luz.



Se elimina la **dispersión modal.** Es apta para transmisiones a **altas velocidades** y **larga distancia.**

El **núcleo** tiene un diámetro muy **pequeño** que solo permite un trayecto de luz.

Se utiliza en redes de larga distancia.

Siguen un único trayecto de luz.

Especificaciones de fibra óptica

Fibras multimodo.

FIBRAS MULTIMODO

Las fibras ópticas multimodo utilizadas en la fabricación poseen las características siguientes. Todas ellas de acuerdo con la Norma EN-188000.

CARACTERÍSTICAS ÓPTICAS

50-125 µm

Atenuación (dB/km)	850 nm (valor máximo)	2,4
	1300 nm (valor máximo)	0,6
Ancho de banda mínimo (MHz x km)	850 nm	≥ 400
	1300 nm	≥ 600
Apertura numérica		0.200 ± 0,015

62,5-125 µm

Atenuación (dB/km)	850 nm (valor máximo)	3
	1300 nm (valor máximo)	0,7
Ancho de banda mínimo (MHz x km)	850 nm	200
	1300 nm	600
Apertura numérica		0,275 ± 0,015

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

Diámetro de núcleo (µm)	50 ± 3 62,5 ± 2,5	**Excentricidad revestimiento**	≤ 1%
No de circularidad del núcleo	≤ 6%	**Diámetro sobre 1ª protec.** (µm)	245 ± 10
Diámetro del revestimiento (µm)	125 ± 2	**Carga de rotura** (Kpsi)	100

Fibras monomodo.

FIBRAS MONOMODO 10-125 µm

Las fibras ópticas monomodo utilizadas en la fabricación poseen las características siguientes. Todas ellas de acuerdo con la Recomendación G-652 de U.I.T y Norma EN-188000.

CARACTERÍSTICAS ÓPTICAS Y FÍSICAS

		normal	máxima
Atenuación (dB/km)	1310 nm	0,35	0,40
	1550 nm	0,21	0,25
Diámetro de campos de modo (µm)	1310 nm		9,1 ± 0,5
	1550 nm		10,5 ± 1
Longitud de onda de corte (fibra cableada) (nm)			≤ 1270
Radio de curvatura mínimo (mm)			40
Alargamiento con 700 gr/FO			≤ 1%
PMD con fibra cableada (Ps/√km)			≤ 0,5
Dispersión total máxima (Ps/nm x km)	1288 - 1339 nm		3,5
	1271 - 1360 nm		5,3
	1550 nm		18

CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS-MECÁNICAS

Diámetro revestimiento (µm)	125 ± 1	**No circularidad del núcleo ca. mo.** (µm)	≤ 1
No circularidad revestimiento	≤ 2%	**Carga de rotura** (Kpsi)	100
Concentridad núcleo-revestimiento (µm)	≤ 0,6%	**Adherencia**	con disolventes adecuados
Diámetro sobre protección primaria (µm)	245 ± 10	**Longitud de onda de dispersión cero** (nm)	± 1311
No circularidad protección primaria	≤ 5%	**Pendiente de dispersión cero** (Ps/nm².km)	≤ 0.093
Error de concentricidad protección primaria (µm)	≤ 12	**Long. de onda de corte** (nm)	1150 - 1330

Son especificaciones de la UIT-T

5.- Cable de fibra óptica

¿Cómo se construye un cable de fibra óptica?

A la **fibra óptica desnuda** (núcleo + revestimiento + color) se le agregan **protecciones** adicionales contra esfuerzos de tracción, aplastamiento y humedad.



Cables para ducto o aéreo (Furukawa)

Estructura del cable



Cable para ducto o aéreo (SIECOR)

Existen 2 diseños básicos para cable.

- El de **tubo ajustado** (**Tight Buffer**), utilizado para instalaciones en interior de edificios, para redes LAN.
- El de **tubo holgado** (**Loose Tube**) utilizado para instalaciones en exteriores.

Cables para tendidos externos

Código de colores para identificar fibras ópticas

¿Cómo se identifican las fibras en un cable?

Para identificar cada fibra y cada grupo de fibras contenidas en los tubos buffer se utiliza un **código de colores** que varían de un fabricante a otro:

Siemens/Corning Glasses

BUFFER	FIBRA N°
VERDE	1 = VERDE 2 = ROJA 3 = AZUL 4 = AMARILLA 5 = GRIS 6 = VIOLETA 7 = MARRON 8 = NARANJA
ROJO	9 = VERDE 10 = ROJA 11 = AZUL 12 = AMARILLA 13 = GRIS 14 = VIOLETA 15 = MARRON 16 = NARANJA

Siemens/Corning utiliza 8 colores.

Pirelli/Alcatel

1 = AZUL
2 = NARANJA
3 = VERDE
4 = MARRON
5 = GRIS
6 = BLANCO
7 = ROJO
8 = NEGRO
9 = AMARILLO
10 = VIOLETA
11 = ROSA
12 = CELESTE

Pirelli/Alcatel utiliza 12 colores.

Agrupación de fibras ópticas en un cable

¿Cómo se agrupan las fibras en un cable?

Se las agrupa en tubos, tal como indica la tabla, especificando el número de fibras por tubo para cables **Furukawa**.

El **código** utilizado es el mismo de Pirelli/Alcatel, de **12 colores**.



FURUKAWA INDUSTRIAL S.A. PRODUTOS ELÉTRICOS

Designación del cable	Cantidad de tubos	Número de fibras por tubo
CFOA-x-LV-AS-CMOy-S-06	01	06
CFOA-x-LV-AS-CMOy -S-12	02	06
CFOA-x-LV-AS-CMOy -S-18	03 (1 a 3)	06
CFOA-x-LV-AS-CMOy -S-24	04 (1 a 4)	06
CFOA-x-LV-AS-CMOy -S-30	05 (1 a 5)	06
CFOA-x-LV-AS-CMOy -S-36	06 (1 a 6)	06
CFOA-x-LV-AS-CMOy -S-48	04 (1 a 4)	12
CFOA-x-LV-AS-CMOy -S-60	05 (1 a 5)	12
CFOA-x-LV-AS-CMOy -S-72	06 (1 a 6)	12

Donde: x - corresponde al tipo de la fibra óptica (SM o NZD)
CMO - Carga Máxima de Operación
y - corresponde al valor de la carga máxima de operación en kN;

	1 = AZUL
	2 = NARANJA
	3 = VERDE
	4 = MARRON
	5 = GRIS
	6 = BLANCO
	7 = ROJO
	8 = NEGRO
	9 = AMARILLO
	10 = VIOLETA
	11 = ROSA
	12 = CELESTE

FIN

Un cable con 4 tubos tiene 24 fibras.

Los cables Furukawa tienen hasta 72 fibras.