

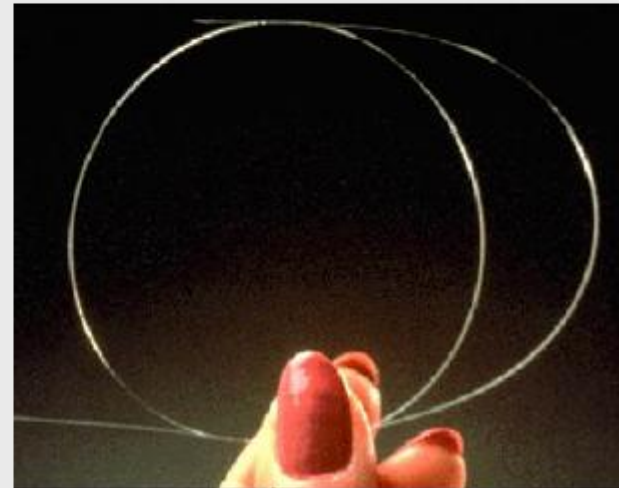
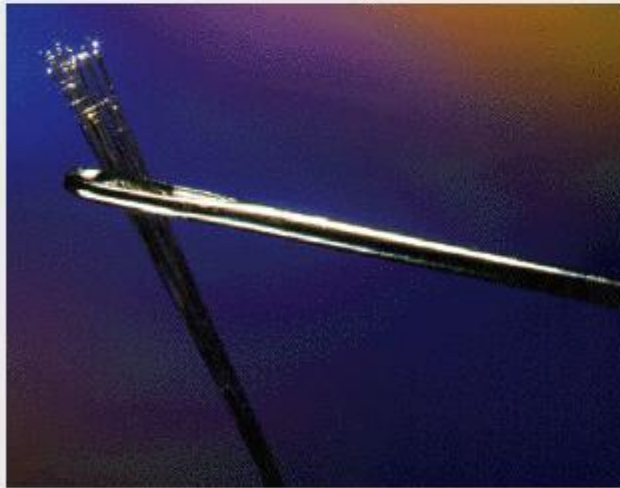
Medios Guiados

Fibra óptica

Ing. Gabriel Filippa

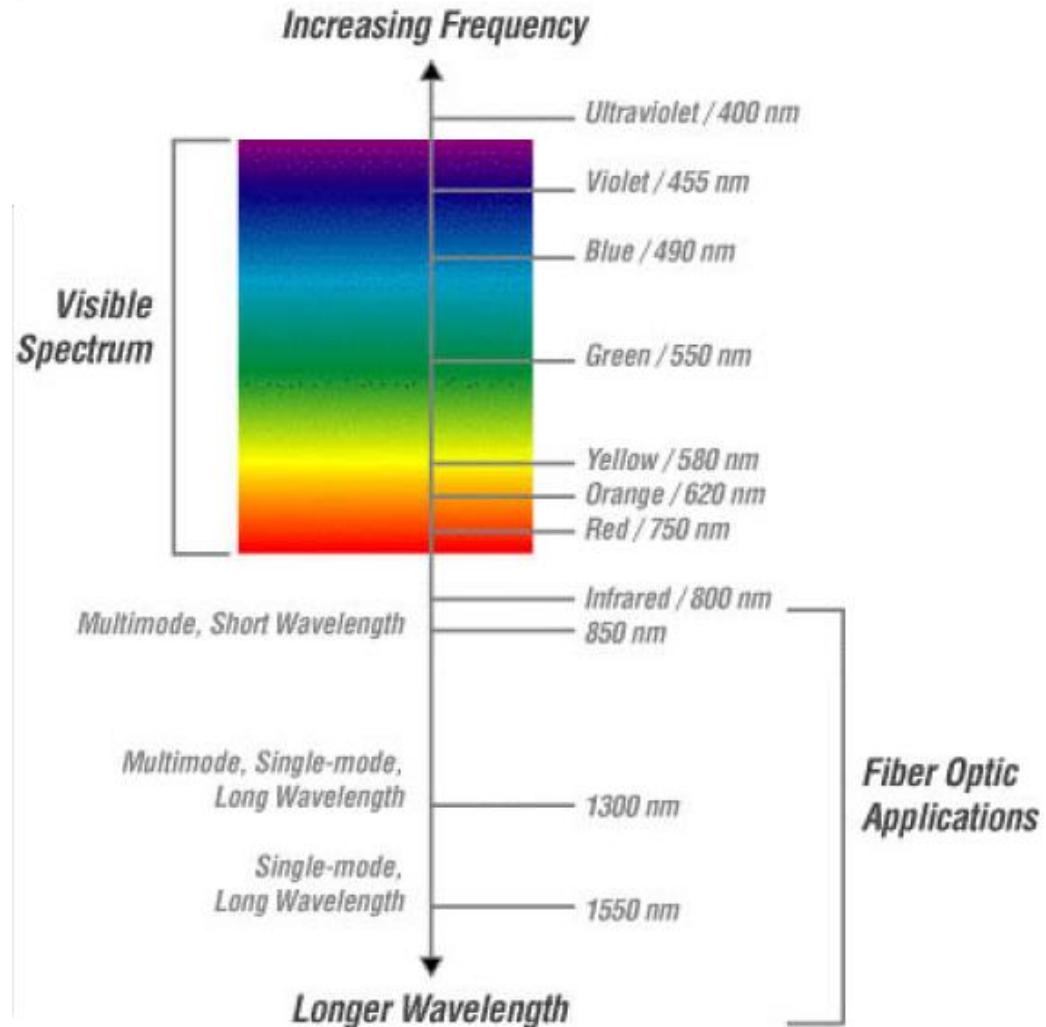
Fibra óptica

- La fibra óptica es una delgada hebra de vidrio o silicio fundido que conduce luz
- Se requieren 2 filamentos para una comunicación bi-direccional: TX y RX
- filamento: 0,1mm app. (comparable a cabello humano).



Fibra óptica

Espectro
de
longitud de onda
(frecuencias)



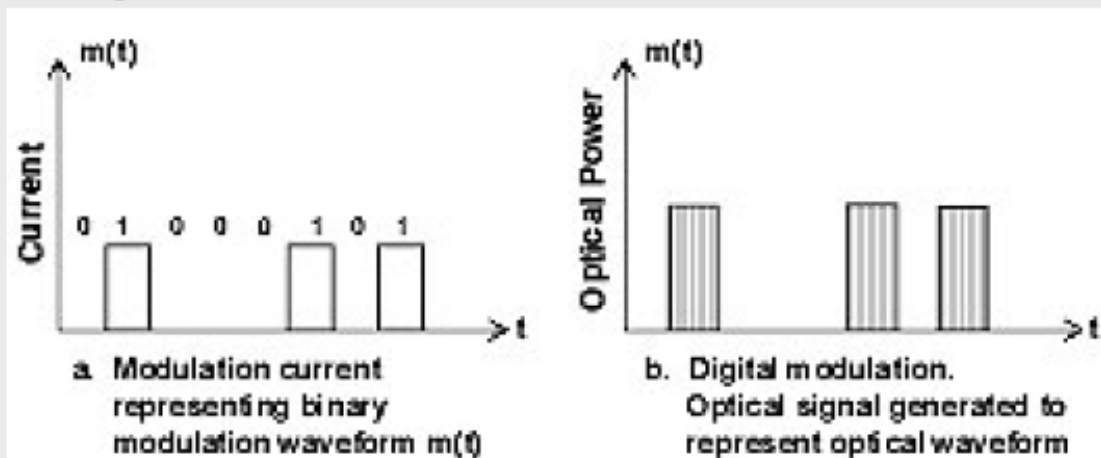
Fibra óptica

3 componentes por cada filamento:

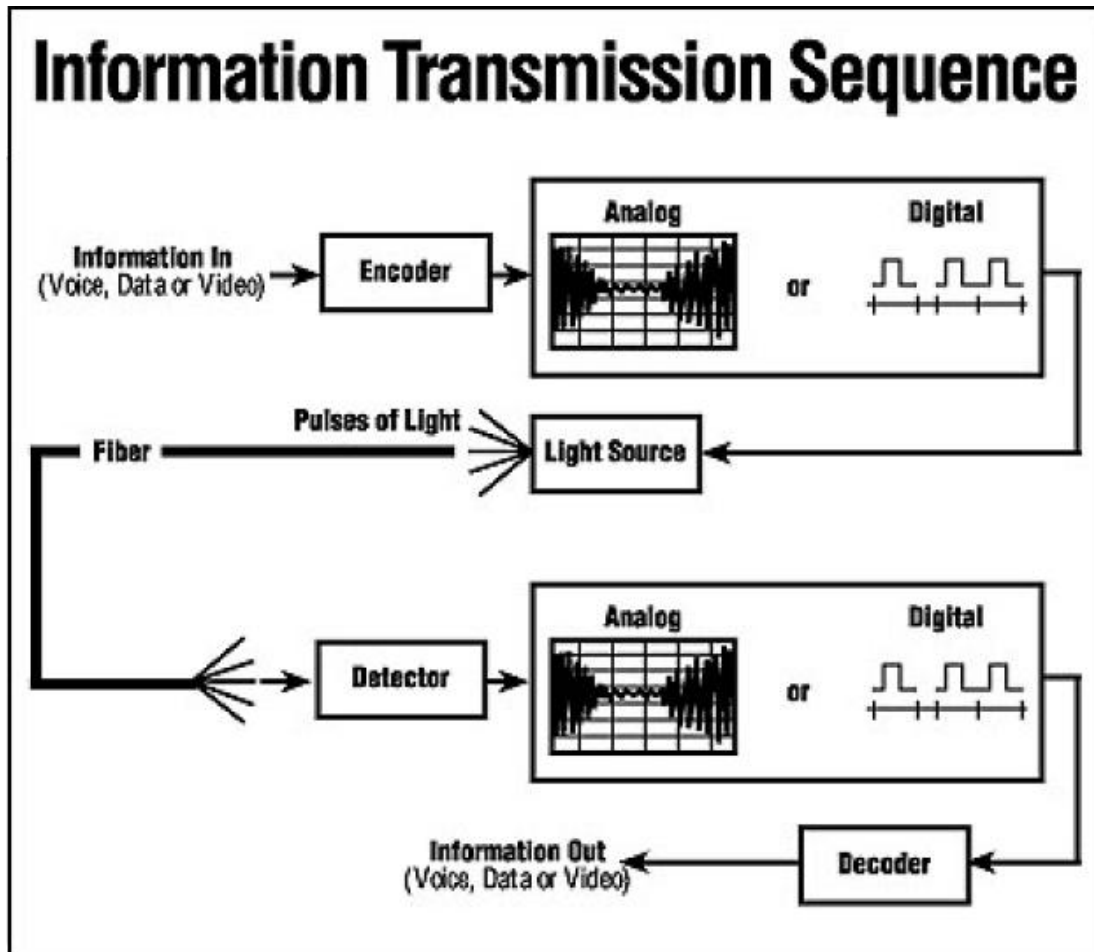
- la fuente de luz: LED o Láser
- medio transmisor: fibra óptica
- detector de luz: fotodiodo

Convención:

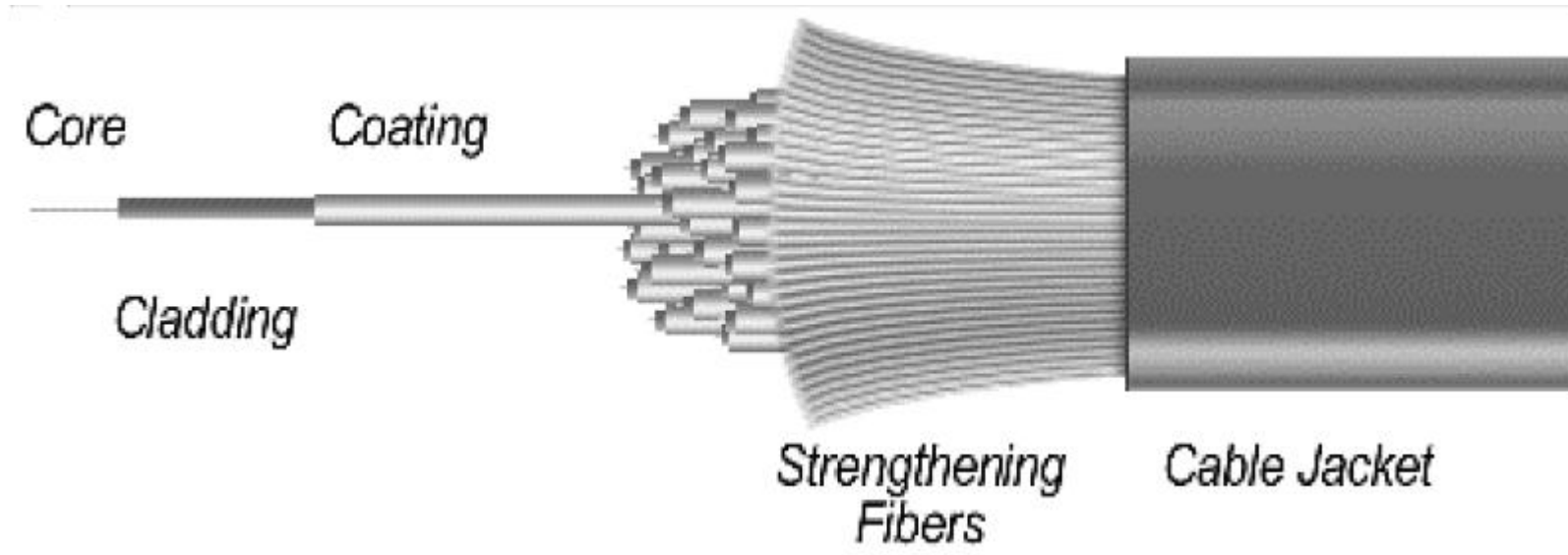
- pulso de luz indica bit “1”, Ausencia de luz indica bit “0”. Ancho del pulso de luz < ancho del pulso eléctrico.



Fibra óptica



Construcción de la F. O.



Core = nucleo

Cladding = manto

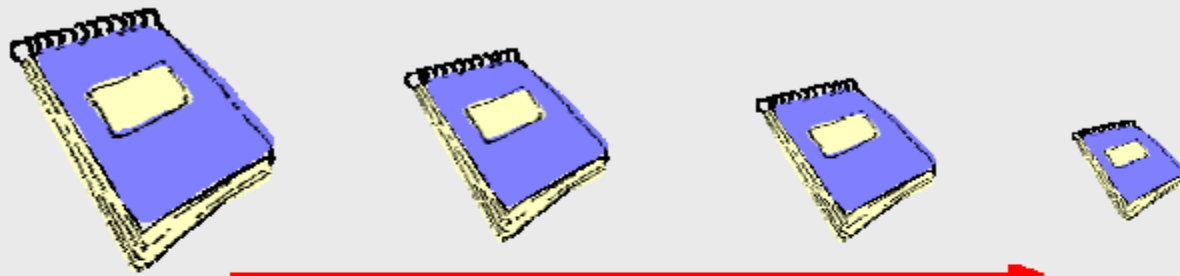
Coating = recubrimiento

Strengthening fibers= Tensores

Cable Jacket = Cobertor

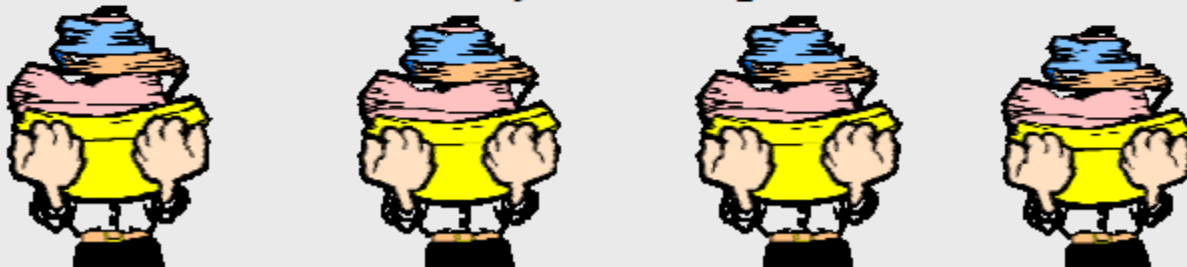
Comparación cobre vs fibra

Atenuación/km con respecto a cables metálicos...



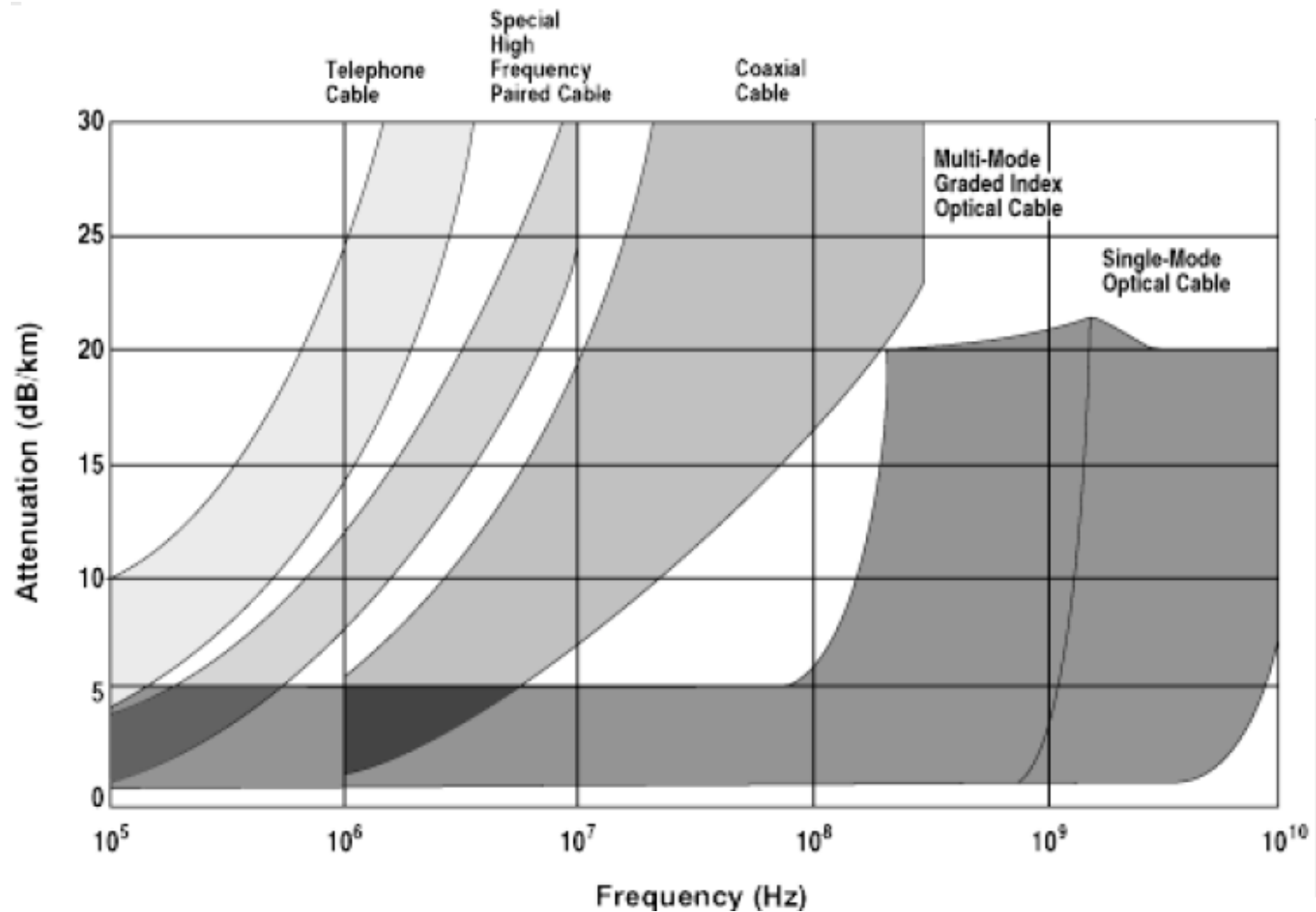
Gran atenuación

... y fibra óptica



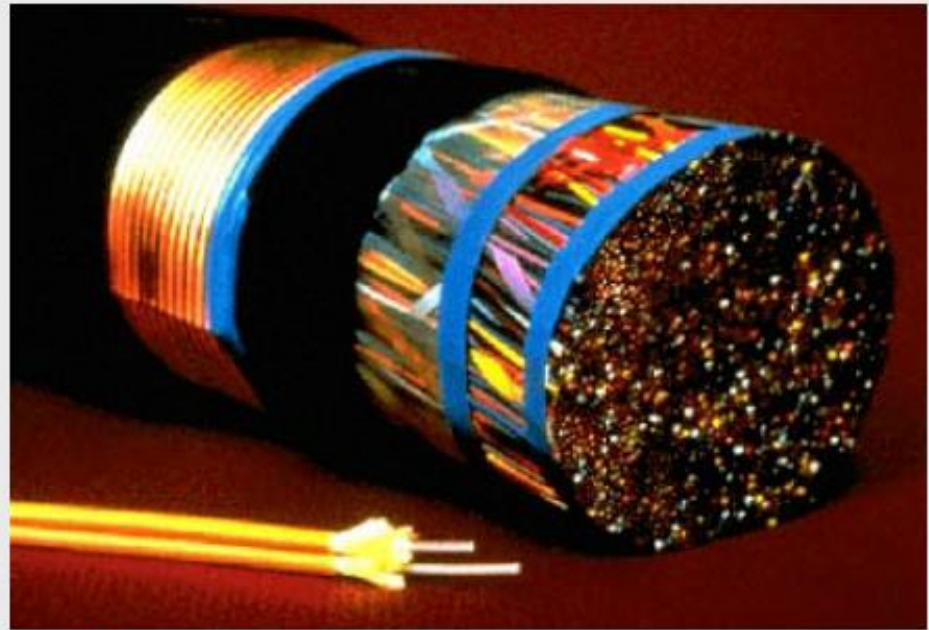
Muy baja atenuación

Comparación cobre vs fibra



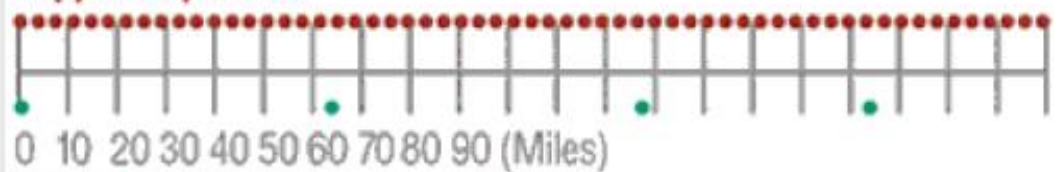
Comparación cobre vs fibra

Tamaño



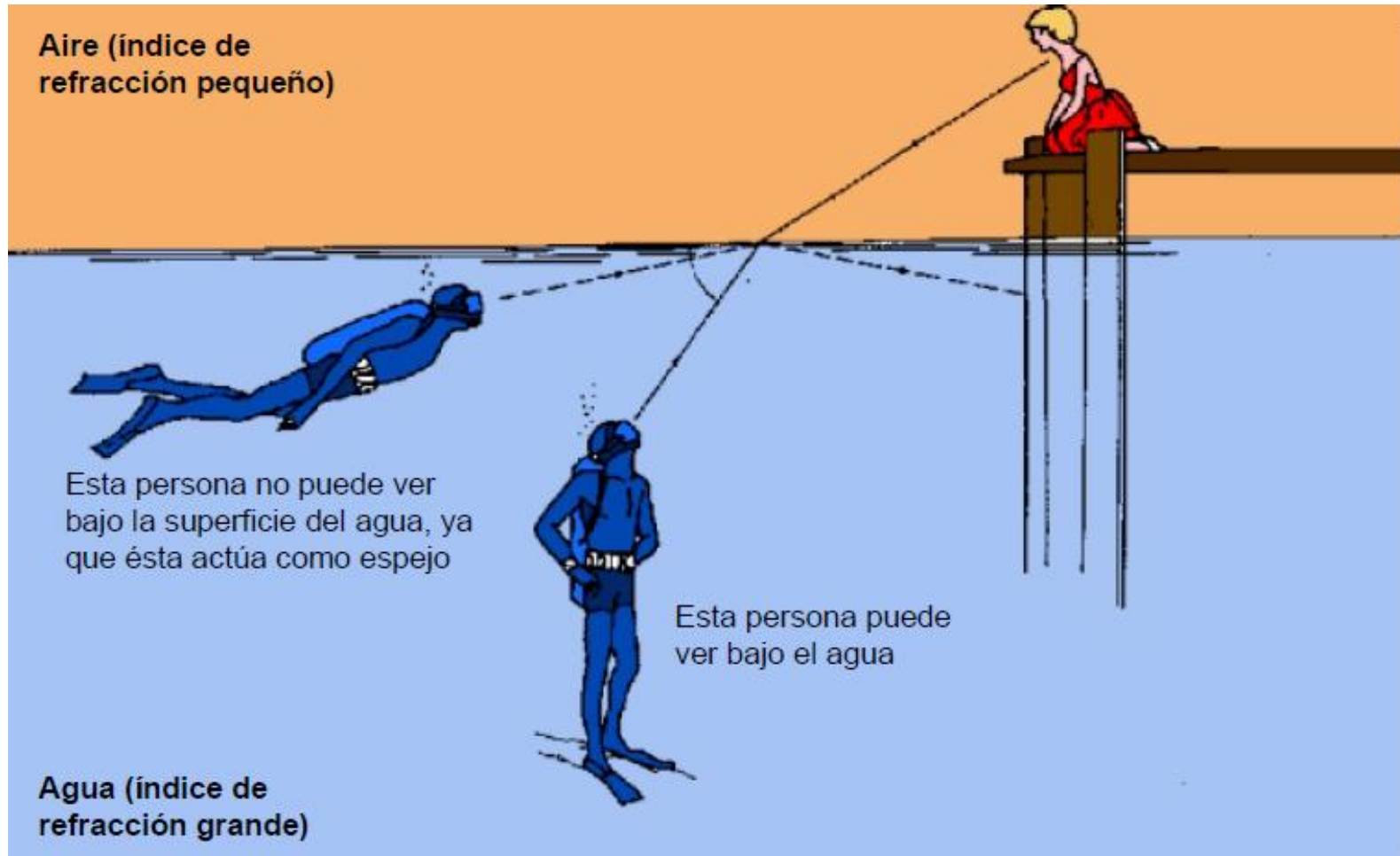
Necesidad de Repetidores

Copper Repeaters



Fiber Repeaters

Efecto superficie espejo



Índices de refracción

Algunos Indices de Refracción (n)

Vacío = 1,0000

Aire = 1,0003

Agua = 1,0009

Manto fibra = 1,450 (*)

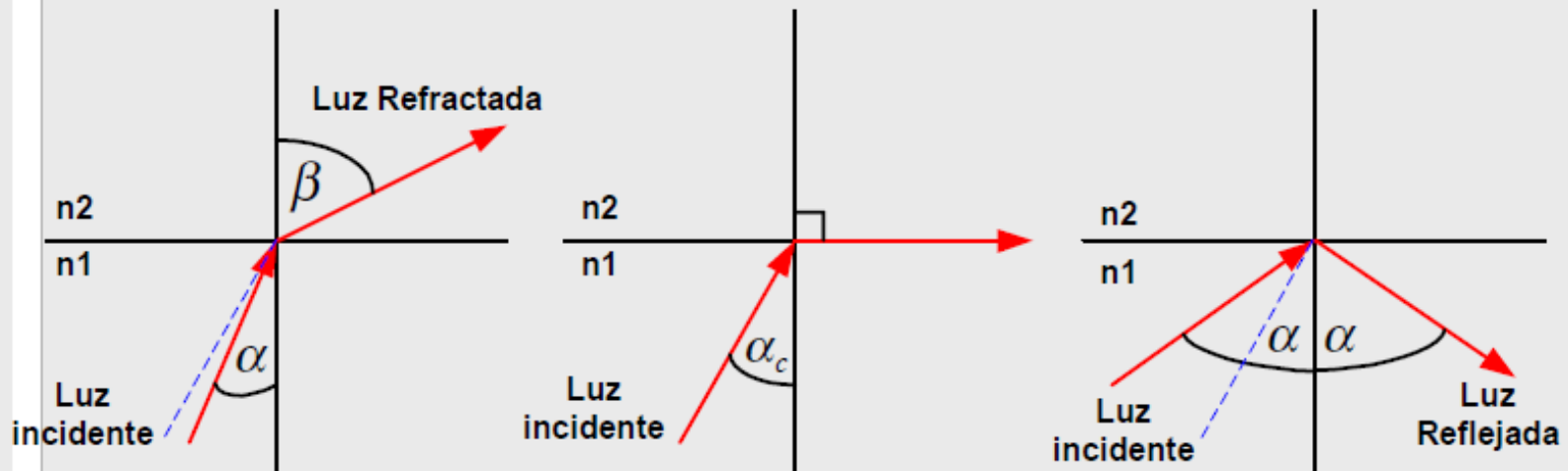
Nucleo fibra = 1,465 (*)

Vidrio = 1,6

Diamante = 2,4

(*) multimodo

Reflexión y refracción

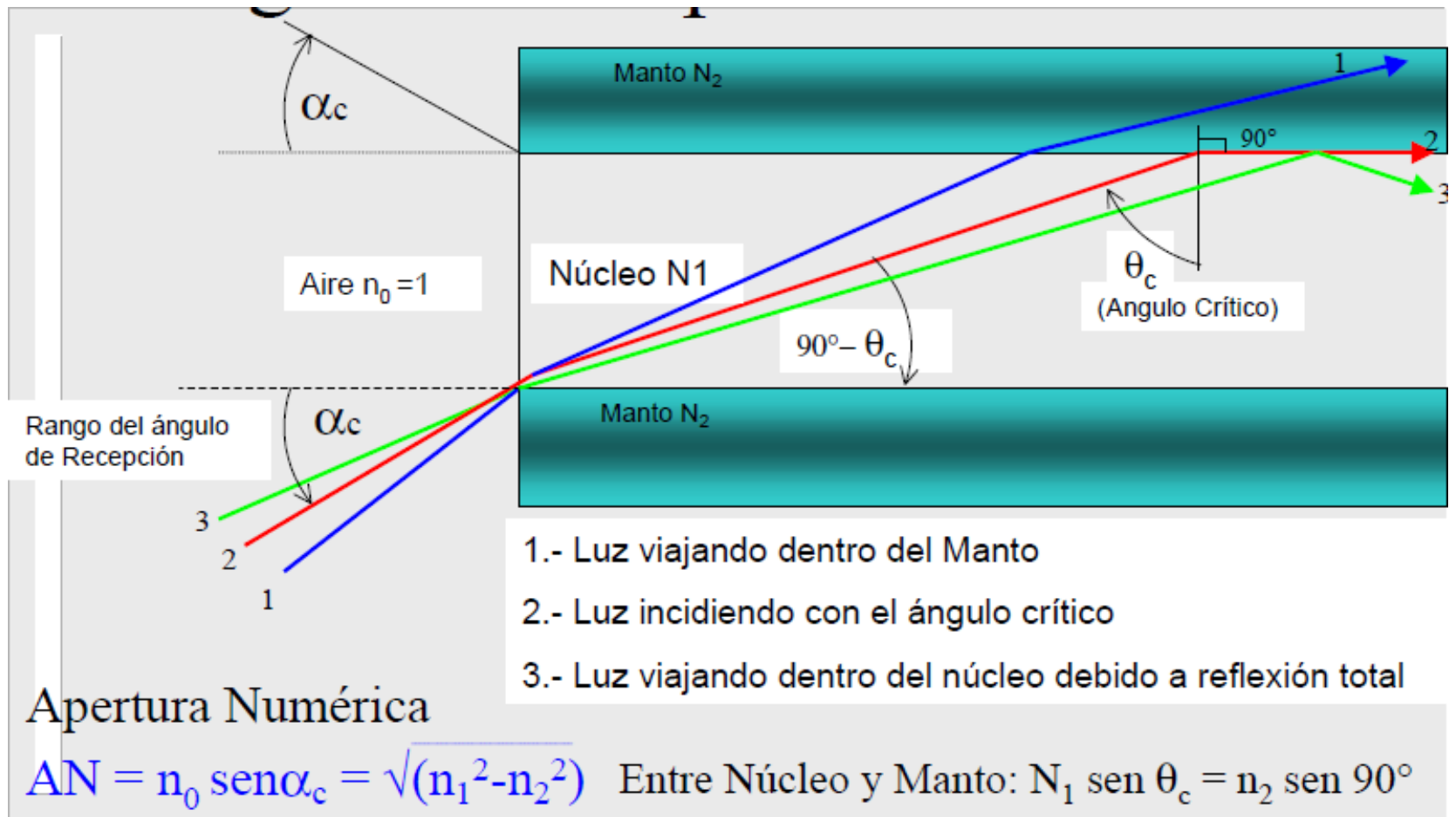


$$\alpha = \alpha_{\text{critico}}$$

Ley de Snell

$$n_1 \operatorname{sen} \alpha = n_2 \operatorname{sen} \beta$$

Angulo de aceptación de la F. O.



Calculo del ángulo de aceptación

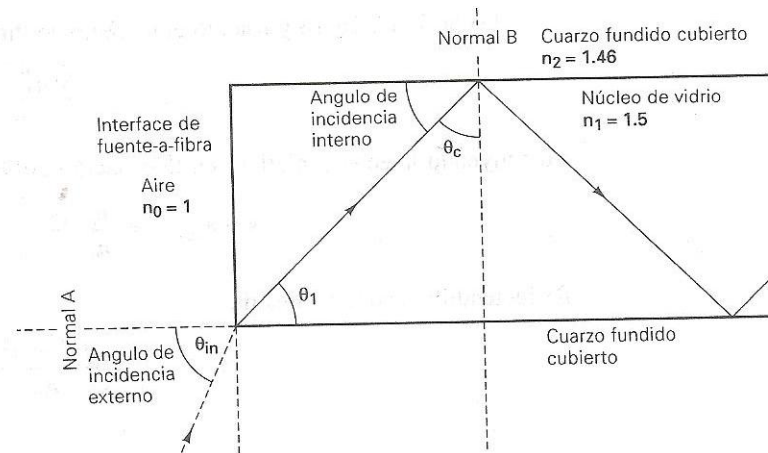


Figura 20-15 Propagación del rayo adentro y abajo de un cable de fibra óptica.

un medio más denso. Bajo estas condiciones y de acuerdo a la ley de Snell, los rayos de luz se refractarán hacia la normal. Esto causa que los rayos de luz cambien de dirección y se propagan diagonalmente por el núcleo a un ángulo (θ_c) que es diferente que el ángulo de incidencia externo en la interface de aire/vidrio (θ_{entrada}). Para que un rayo pueda propagarse por un cable, debe chocar a la interface de núcleo/cubierta interno en un ángulo que sea mayor que el ángulo crítico (θ_c).

Aplicando la ley de Snell al ángulo de incidencia externo resulta en la siguiente expresión:

$$n_0 \text{ sen } \theta_{\text{entrada}} = n_1 \text{ sen } \theta_1 \quad (20-7)$$

y

$$\theta_1 = 90 - \theta_c$$

Por lo tanto

$$\text{sen } \theta_1 = \text{sen}(90 - \theta_c) = \cos \theta_c \quad (20-8)$$

Calculo del ángulo de aceptación

Sustituyendo la ecuación 20-8 en la ecuación 20-7 resulta en la siguiente expresión:

$$n_0 \sin \theta_{\text{entrada}} = n_1 \cos \theta_c$$

Rearreglando y resolviendo para $\sin \theta_{\text{entrada}}$ nos da

$$\sin \theta_{\text{entrada}} = \frac{n_1}{n_0} \cos \theta_c \quad (20-9)$$

La figura 20-16 muestra la relación geométrica de la ecuación 20-9.

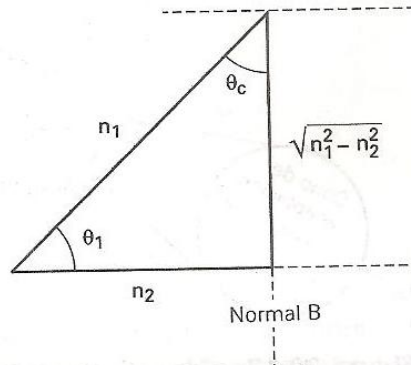


Figura 20-16 Relación geométrica de la ecuación 20-9.

Calculo del ángulo de aceptación

De la figura 20-16 y usando el teorema de Pitágoras, obtenemos

$$\cos \theta_c = \frac{\sqrt{n_1^2 - n_2^2}}{n_1} \quad (20-10)$$

Sustituyendo la ecuación 20-10 en la ecuación 20-9 proporciona

$$\sin \theta_{\text{entrada}} = \frac{n_1}{n_0} \frac{\sqrt{n_1^2 - n_2^2}}{n_1}$$

Reduciendo la ecuación nos da

$$\sin \theta_{\text{entrada}} = \frac{\sqrt{n_1^2 - n_2^2}}{n_0} \quad (20-11)$$

y

$$\theta_{\text{entrada}} = \sin^{-1} \frac{\sqrt{n_1^2 - n_2^2}}{n_0} \quad (20-12)$$

Debido a que los rayos de luz generalmente entran a la fibra por un medio de aire, n_0 es igual a 1. Esto simplifica la ecuación 20-12 a

$$\theta_{\text{entrada(máxima)}} = \sin^{-1} \sqrt{n_1^2 - n_2^2} \quad (20-13)$$

θ_{entrada} se llama *ángulo de aceptación* o *cono de aceptación* de medio ángulo. Se define al máximo ángulo en el cual los rayos de luz externos pueden chocar con la interface de aire/fibra y aún propagarse por la fibra, con una respuesta que no es mayor que 10 dB del máximo valor. Girar el ángulo de aceptación alrededor del eje de la fibra describe al cono de aceptación de la entrada de la fibra. Esto se muestra en la figura 20-17.

Apertura numérica

La *apertura numérica* (NA), es una figura de mérito que se usa para describir la unión de la luz o habilidad de recoger la luz de una fibra óptica. Entre más grande la magnitud de una NA, mayor es la cantidad de luz aceptada por la fibra de la fuente de luz externa. Para una fibra de índice de escalón, una apertura numérica se define matemáticamente como el seno del medio ángulo de aceptación. Por lo tanto

$$NA = \text{sen } \theta_{\text{entrada}}$$

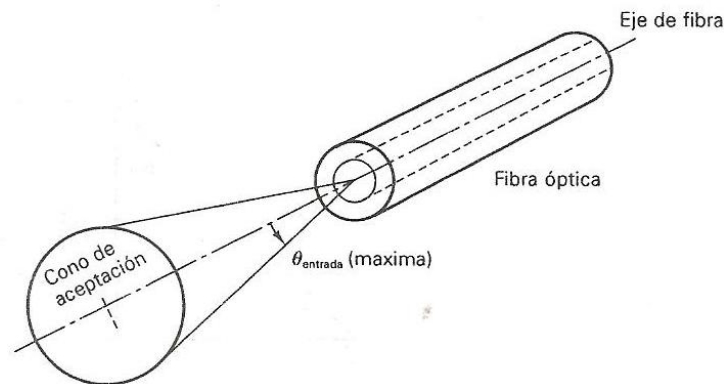
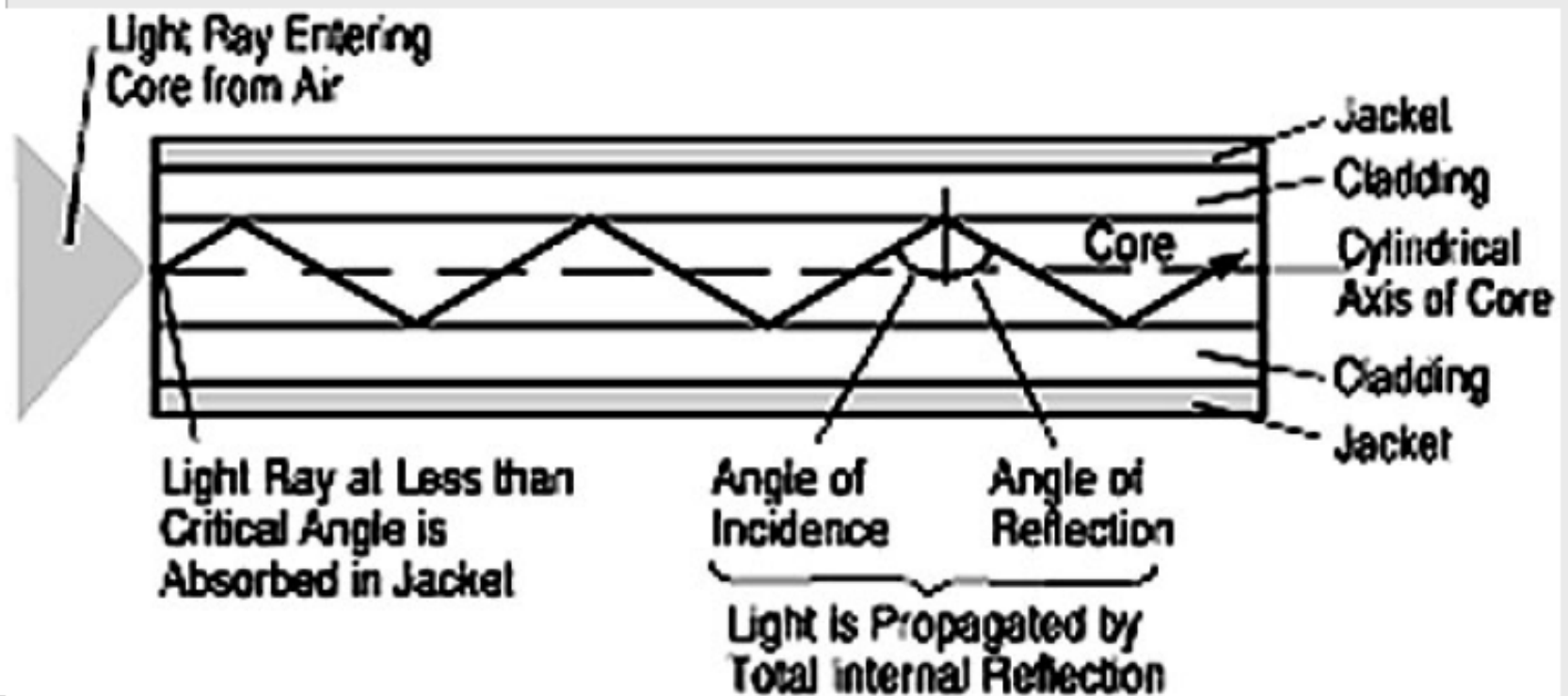


Figura 20-17 Cono de aceptación de un cable de fibra.

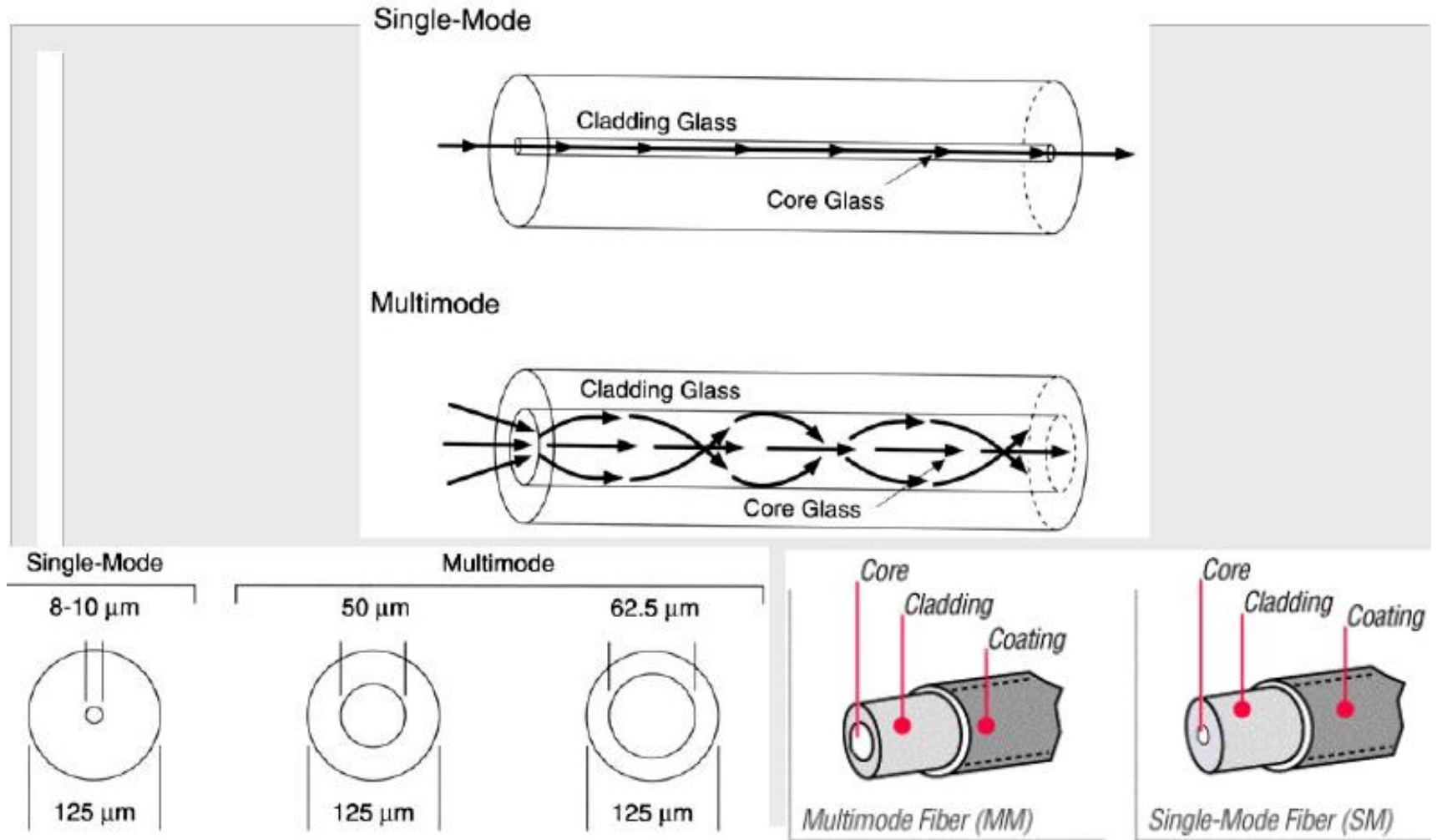
Transmisión de luz por el núcleo de la fibra



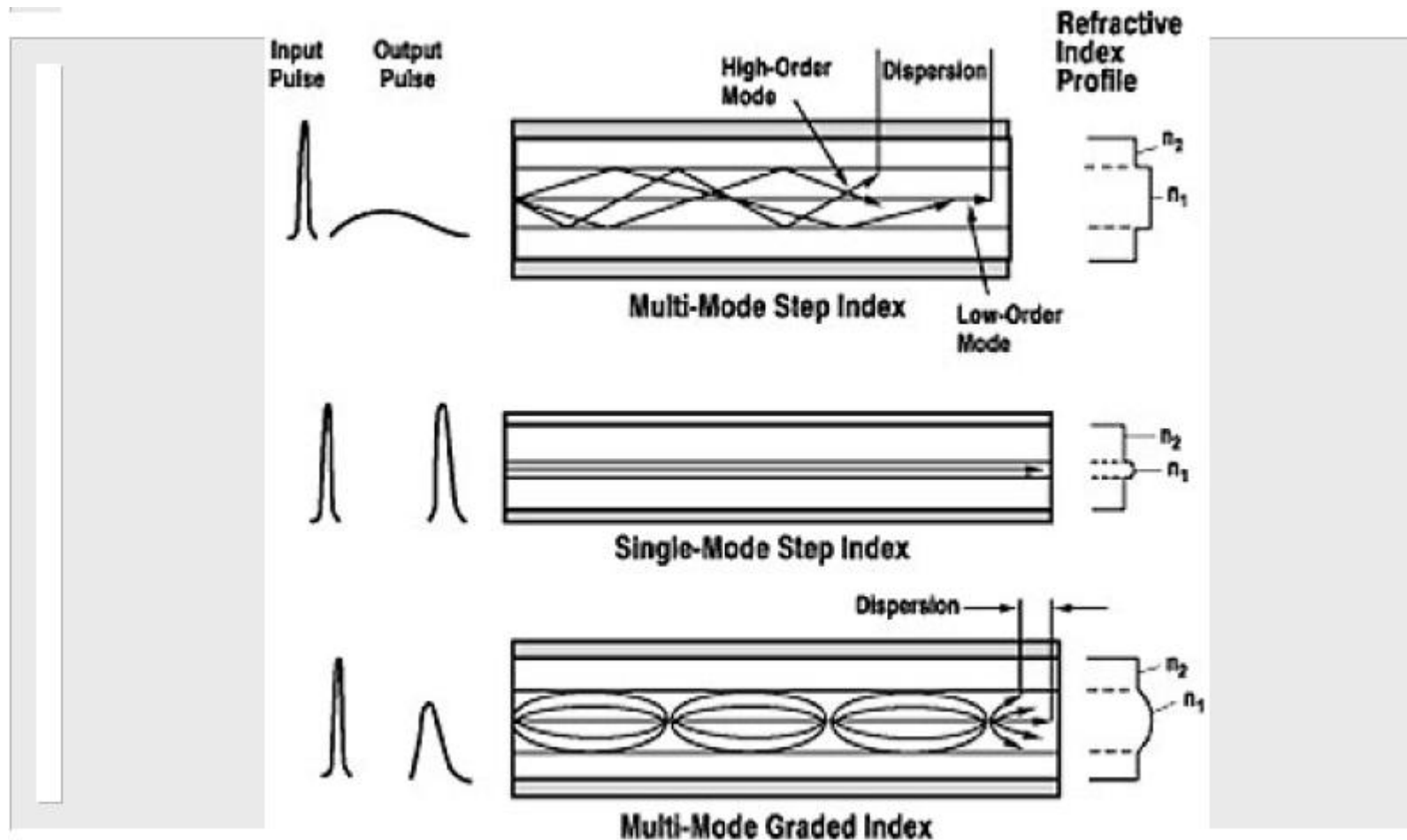
Clasificaciones de la F.O.

Por materiales dieléctricos	Fibra óptica de silicio
	Fibra óptica de vidrio multicompuesto
	Fibra óptica plástica
Por modo de propagación	Fibra óptica monomodo (SM)
	Fibra óptica multimodo (MM)
Por distribución del índice de refracción	Fibra óptica de índice escalonado (SI)
	Fibra óptica de índice gradual (GI)

Multimodo y monomodo



Perfiles de índice de refracción



Pérdidas en la F. O.

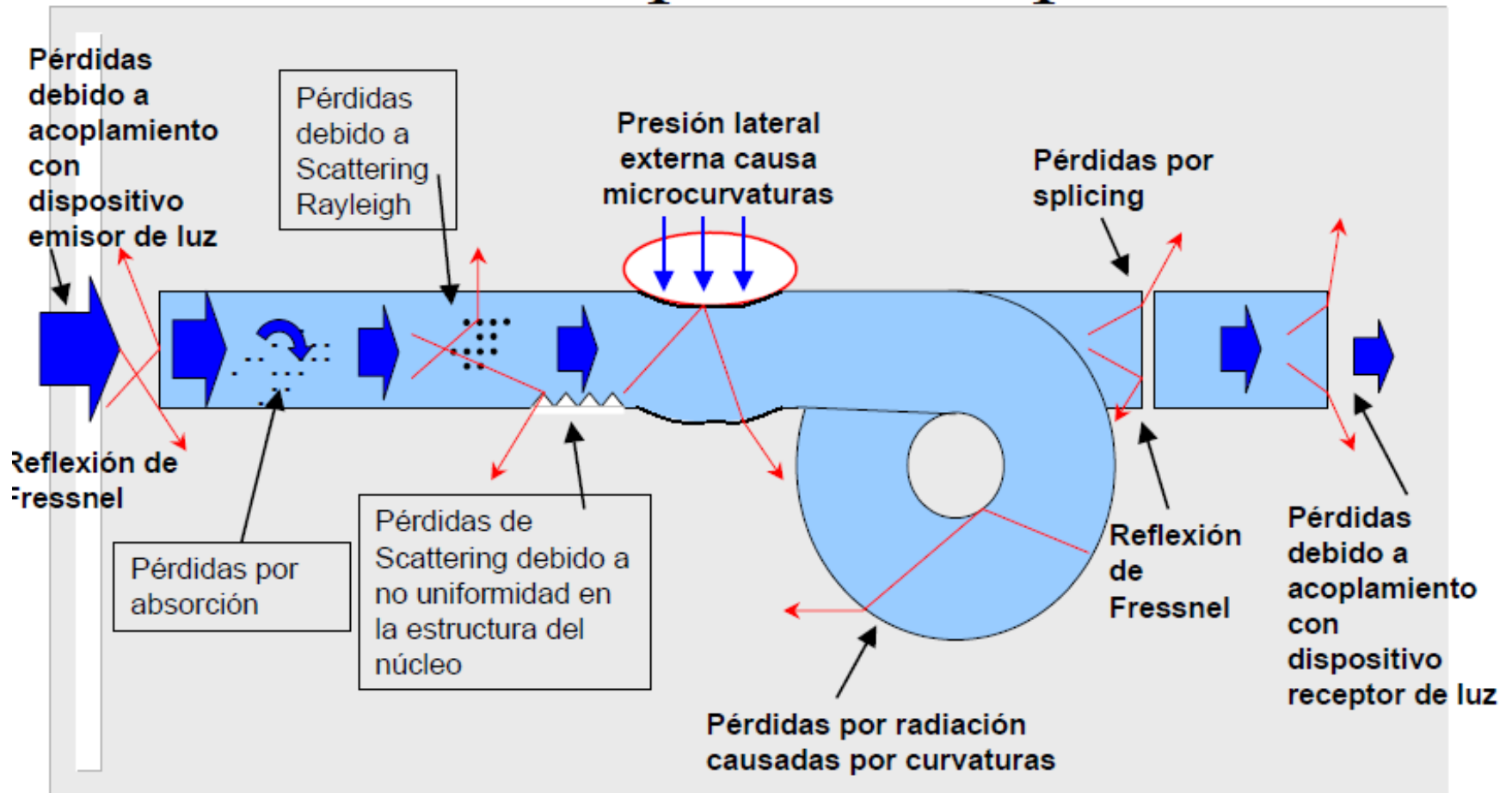
■ Atenuación (o pérdidas) (Afecta la potencia)

- Intrínsecas (del material)
 - Pérdidas por absorción
 - Pérdidas por Scattering Rayleigh
 - Pérdidas por scattering debido a estructura no uniforme del núcleo
- Instalación
 - Pérdidas causadas por curvaturas
 - Pérdidas por microcurvaturas causadas por presión externa
 - Pérdidas por uniones (splice) (Reflexión de Fresnel)
 - Pérdidas de acoplamiento entre la fibra y los aparatos receptores y transmisores (Reflexión de Fresnel)

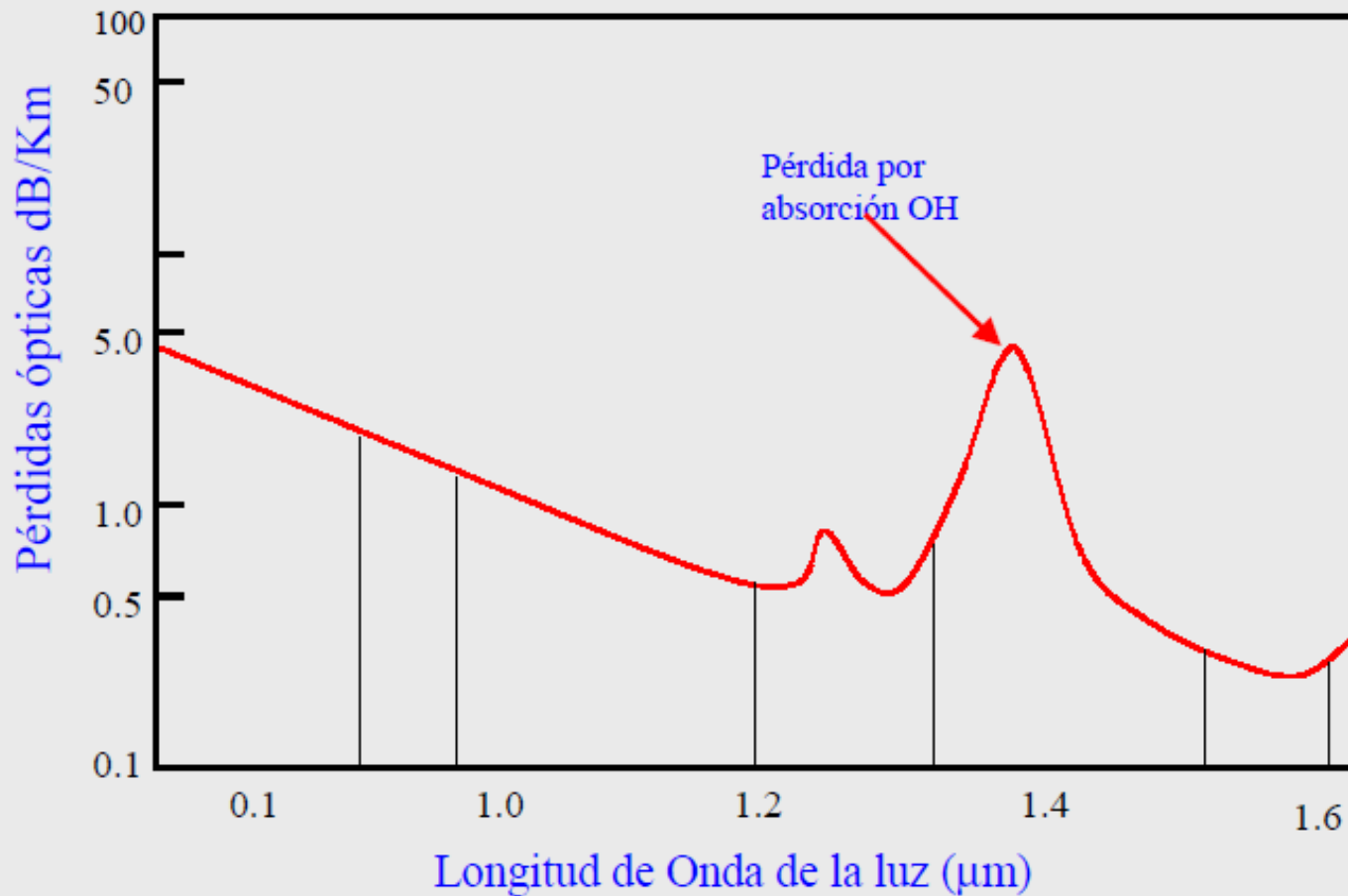
■ Dispersión (Limita la tasa de TX)

- Material, Modal, y Guía de Ondas (Waveguide)

Pérdidas en la F. O.

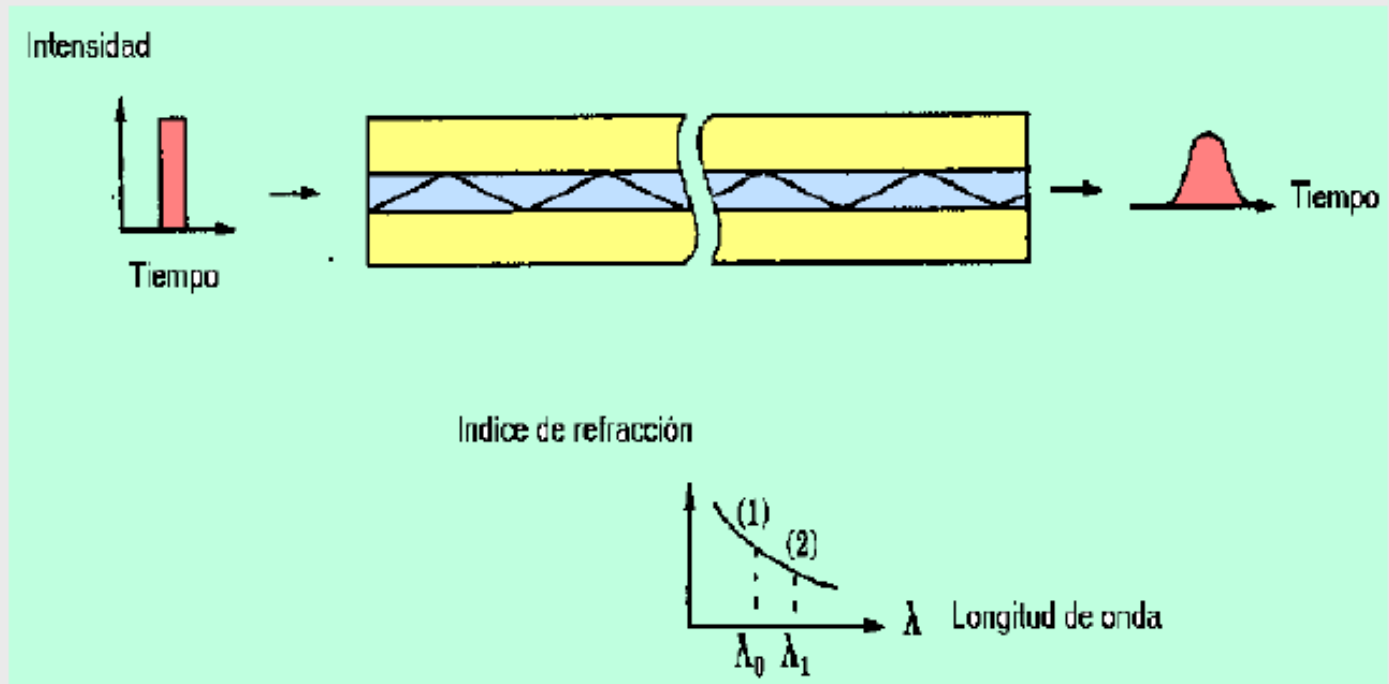


Características de pérdidas en F. O.



Dispersión del material

Los diferentes longitudes de onda que componen el pulso enviado viajan a velocidades distintas y por ende causan ensanchamiento del pulso de luz



Dispersión modal

Los diferentes haces de luz (modos) siguen rutas distintas y por ende causan ensanchamiento del pulso de luz

