

TRANSMISIÓN DE SEÑAL A TRAVÉS DE FIBRA ÓPTICA



***SENSORES PARA
MEDIR LAS PÉRDIDAS***

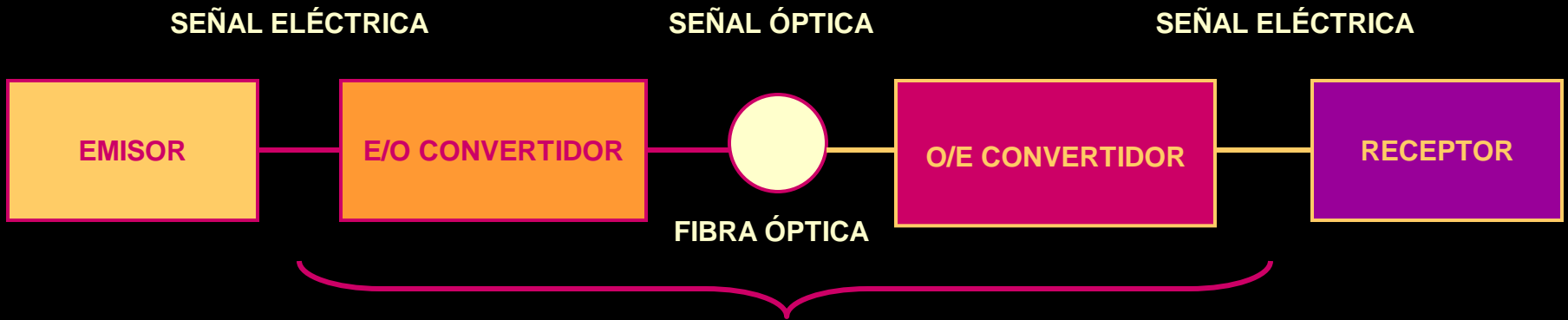
0. Índice

1. *Entorno histórico.*
2. *Transmisión de datos.*
3. *Generalidades de la fibra óptica.*
4. *Tipos.*
5. *Pérdidas en la señal.*
6. *Descripción del aparato.*
7. *Forma de medir.*
8. *Calibración.*
9. *Condiciones de manejo y almacenamiento.*
10. *Aplicaciones.*

1. Entorno histórico

- 1870. J. Tydall. Experimento con agua
- 1927. J. Logie Baird. Transmisión de luz mediante barras de vidrio.
- 1959. Hockman y Kao. F. ópticas para transmitir datos.
- 1970. Compañía Corning Glass Inc ↻ fibra que transportaba la luz a un km sin amplificación.
- 1988. Primer sistema de comunicación ↻ 40.000 llamadas telefónicas simultáneas

2. Transmisión de datos



ÁREA DE APLICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS DE
MEDIDA PARA SISTEMAS DE COMUNICACIÓN DE
FIBRA ÓPTICA

Emisor + Conductor + Receptor

2.1. Emisores

- Diodos electroluminiscentes:
 - LED
 - Emisión perpendicular al plano de la unión. Absorción $\uparrow\uparrow$
 - Económicos
 - ELED
 - Emisión en el plano de unión. Absorción $\downarrow\downarrow$
 - Superiores a los LED en alcance y ancho de banda
- Diodos laser: LD
 - Espectro estrecho \Rightarrow Haz coherente
 - Unión a la fibra muy delicada.

2.2. Receptores

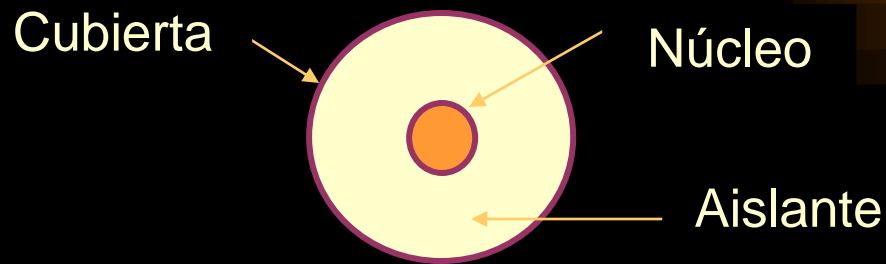
- Potencia de salida de fibra ↓
 - potencia inyectada por emisor ↓
 - Pérdidas en acoplamiento.
 - Pérdidas de inyección
 - Pérdidas por reflexión.
 - Pérdidas por absorción y dispersión.
 - Pérdidas por acoplamiento
- Fotodetectores:
 - diodos PIN
 - fotodiodos de avalancha APD

↻ Sensibilidad ↑

3. Generalidades de la fibra

- Luz, onda electromagnética λ viaja a través de regiones de índice de refracción alto.
- Se basa en vidrio de sílice (SiO_2), tratado industrialmente para su mayor pureza.
- Hilo flexible \cong cabello humano.

3.1. Partes



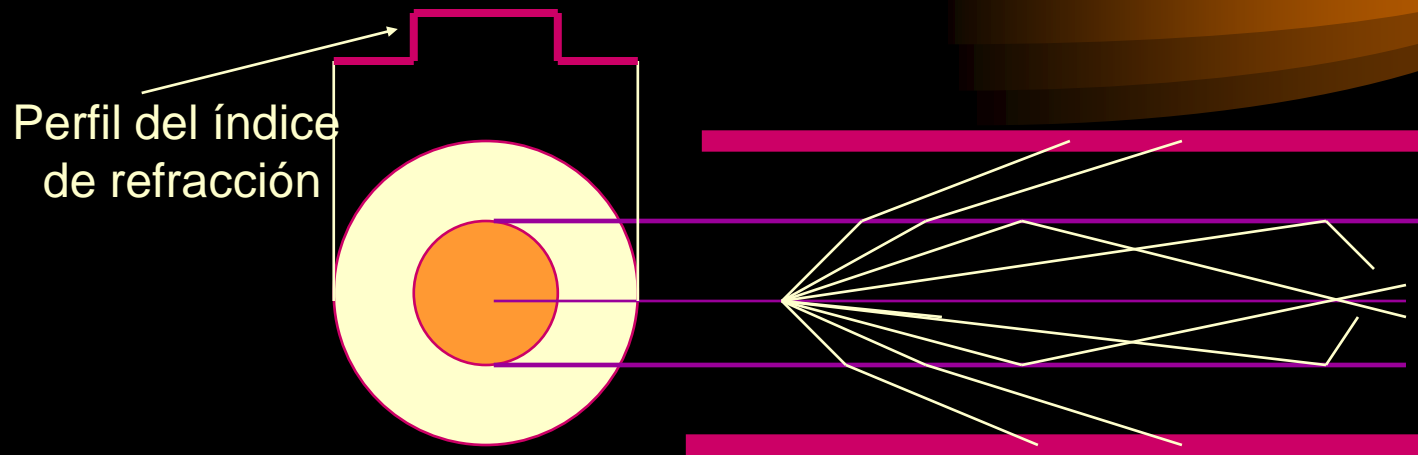
- **Núcleo.** Por dónde se propaga la señal.(10 a 300 μm)
- **Aislante.** Impide que la luz salga del núcleo.
- **Cubierta exterior.** Protege del medio y da resistencia.
(100 a 500 μm)

4. Tipos de fibras ópticas



- *Fibra multimodo de índice escalonado.*
- *Fibra multimodo de índice de gradiente gradual.*
- *Fibra monomodo de salto de índice.*

4.1. Fibra multimodo de índice escalonado.



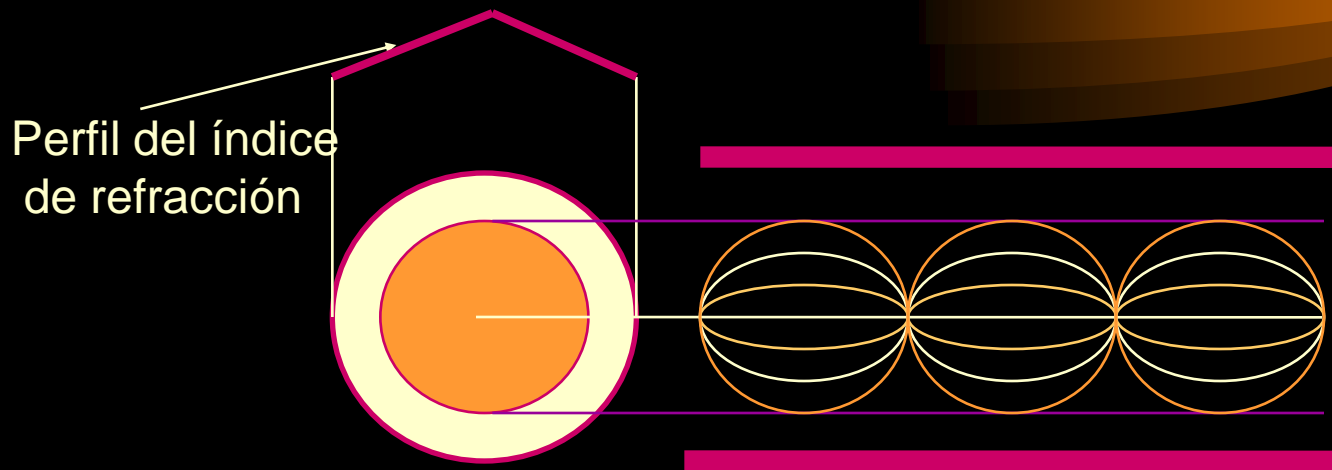
- Índice refracción $n_{\text{núcleo}} \gg$ Índice refracción n_{cubierta}
- Banda de paso (capacidad de transmisión) hasta 50 MHz / Km
- El rayo avanza por sucesivas reflexiones

... índice escalonado.



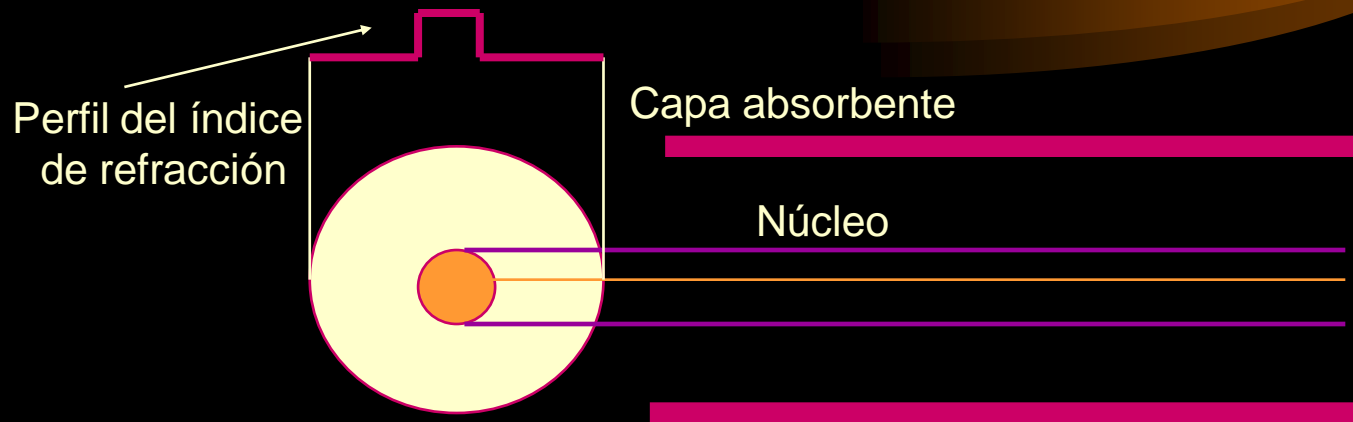
- **Ventaja:**
 - precio económico
- **Inconvenientes:**
 - No todos los rayos llegan al mismo tiempo al final.
 - Transmisión de información a cortas distancias.

4.2. Fibra multimodo de índice de gradiente gradual



- Índice refracción $n_{\text{núcleo}}$ variable
 - Índice refracción n_{cubierta} constante.
- } Los rayos no chocan contra la cubierta
- Banda de paso hasta 500 MHz / km. Todos los rayos viajan a la misma velocidad \Rightarrow \downarrow dispersión modal.

4.3. Fibra monomodo de salto de índice



- $\Downarrow \varnothing_{\text{núcleo}} (\cong \lambda_{\text{onda transmitida}}) \Rightarrow 1 \text{ modo: } \text{mín reflexiones y deformaciones de los impulsos ópticos.}$
- Banda de paso $\cong 100 \text{ GHz / km.}$

...monomodo de salto de índice

- **Ventajas:**
 - elevados flujos.
 - \Downarrow ensanchamiento de impulsos \Rightarrow \Downarrow error de transmisión.
- **Inconvenientes:**
 - manejo delicado.
 - difícil conexión.

5. Pérdidas en la señal

- *Atenuación:*
 - principal problema en la transmisión de la señal
 - Pérdidas intrínsecas + extrínsecas.
- *Dispersión temporal.*

5.1. Atenuación

- Pérdidas intrínsecas.
 - Debidas a la composición del vidrio.
 - Pueden eliminarse.
 - Pérdidas por absorción infrarroja y ultravioleta
 - debilitación de la señal.
 - Esparcimiento intrínseco o de Rayleigh.
 - Impurezas de la sílice \propto Varía índice refracción.

... atenuación

- Pérdidas extrínsecas.

- Debidas al proceso de fabricación.

- Pueden disminuirse, pero difícilmente eliminarse.

- Impurezas:

- Iones metálicos y grupos OH \rightarrow absorción de potencia óptica.

- Irregularidades periódicas:

- Curvaturas, $\Delta\varnothing_{\text{núcleo}}$ \rightarrow fugas de luz hacia el revestimiento.

... atenuación

– Instalación:

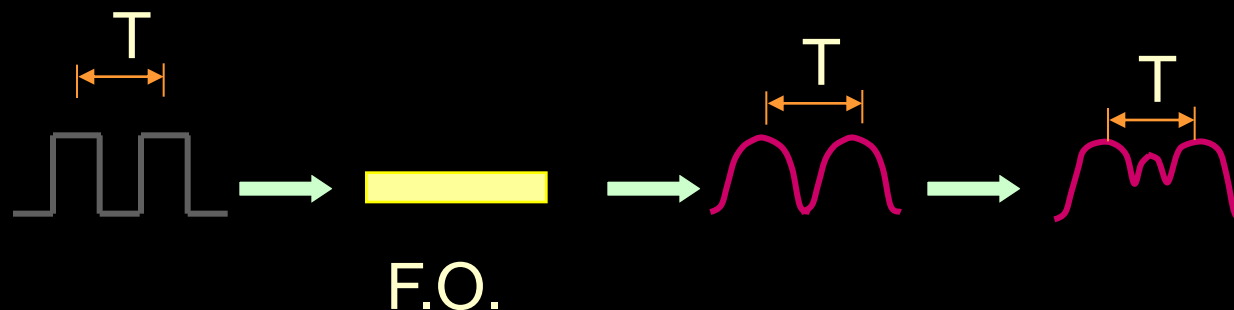
- Esfuerzos de tracción \rightarrow rotura o \uparrow atenuación.
- Límite de tracción de 100 a 150 kg \rightarrow operaciones de tendido cuidadosas.

– Una vez instalada ...

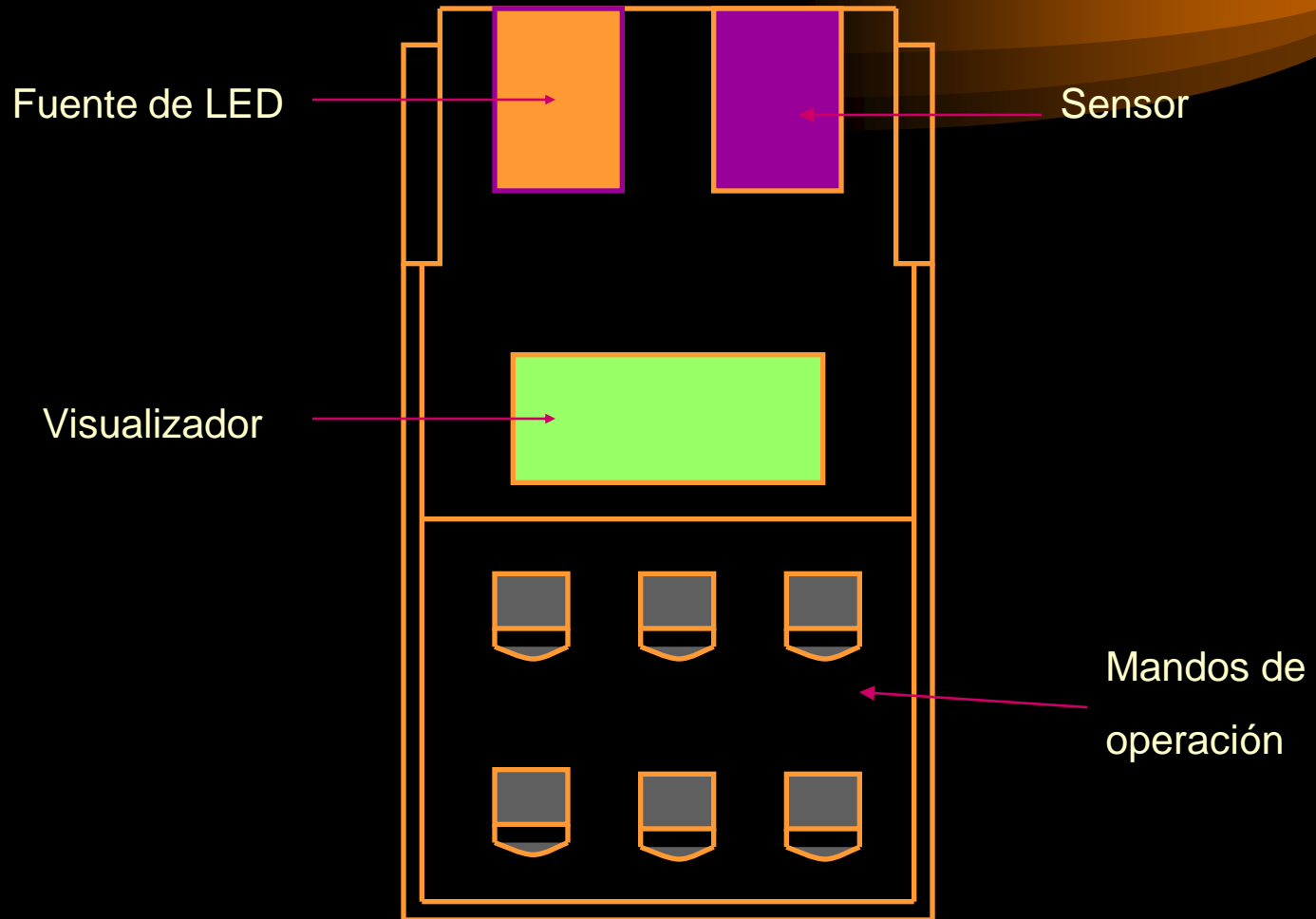
- Tensión residual + microfibras
 - Curvatura
- } Rotura \rightarrow mín radio
máx tensión

5.2. *Dispersión temporal*

- Señales digitales transmitidas \approx cadenas 1 y 0
 - Distorsión por atenuación
 - Distorsión temporal
- Impulsos rectangulares
 \Downarrow
campana de Gauss



6. Descripción del instrumento de medida.



6.1. Especificaciones

Fuente de luz de LED	Tipo	MS0901A	MS0902A	MS0903A	MS0904A
	Elemento	LED	LED	LED	LED
	Longitud de onda (μm)	0,85 \pm 0,03	1,3 \pm 0,03	1,55 \pm 0,035	
	Mitad de la anchura del espectro (μm)	\leq 0,06	\leq 0,14	\leq 0,21	\leq 0,14 (1,3 μm) \leq 0,21 (1,55 μm)
	Salida *1 (modo CW) (dBm)	\geq -20 (-16 dBm típ.)	\geq -20	\geq -25	\geq -22 (1,3 μm) \geq -27 (1,55 μm)
	Salida *2 (modo CW) (dBm)		\geq -40	\geq -45	\geq -42 (1,3 μm) \geq -47 (1,55 μm)
	Estabilidad *3	\leq 0,3 dB			
	Estabilidad instantánea	\leq 0,4 dB			
	Modulación interna	270 Hz/1 KHz \pm 1,5 % trabajo: 45 a 55%, onda cuadrada			
	Conector	Adaptador de conector FC			
Dimensiones y peso	30 (alto) * 30 (ancho) * 30 (profundidad) mm, < 200 g				
Unidad Principal	Tipo	MS9020A			
	Visualizador	W, W(REL), dBm y dBm (REL) seleccionable, 4 dígitos			
	Salida de grabación	1 V/fondo de escala, 0,316 V/-5 dB			
	Promediado	ON / OFF ajustable			
	Fijación de rango	Rango ajustable			
	Zumbador	Umbral de sonido ajustable (pasos de 1 dB)			
	Apagado automático	Después de 5 minutos de no uso (con batería incorporada)			
	Dimensiones y peso	196 (alto) * 90 (ancho) * 38 (profundidad) mm, < 700 g			

... especificaciones

	Tipo	MA9421A	MA9422A	MA9423A	MA9621A	MA9721A	MA9722A	MA9723A	
Sensores de potencia óptica	Longitud de onda (μm)	0,38 a 1,15			0,75 a 1,7	0,75 a 1,8			
	Elemento utilizado	Fotodiodo de silicio			Fotodiodo de InGaAs	Fotodiodo de germanio			
	Diámetro del área activa (mm)	9,5	9	9,5	1	5	3	1	
	Tipo de entrada	Directa de fotodiodo			Adaptador de conector FC	Directa de fotodiodo		Conector FC	
	Rango de medida (dBm)	CW	-60 a +20 (0,85 μm)	-50 a +20 (0,85 μm)	-70 a +10 (0,85 μm)	-70 a +3 (1,3 μm)	-40 a +10 (1,3 μm)	-50 a +6 (1,3 μm)	-60 a +3 (1,3 μm)
		MOD	-65 a +17	-50 a +17	-75 a +7	-75 a 0	-50 a +7	-65 a -3	-65 a 0
		Dimensiones (mm) y peso	30 a * 30 an *37 p, \leq 100 g	16 a * 15 an *140 p < 200 g	30 a * 30 an * 37 p, < 100g		20 a * 20 an *128 p < 300 g	30 a * 30 an *37 p < 100 g	
	Caract. generales	Precisión de la medida (modo CW)	\pm 5% (0,633/0,78/0,85 μm , -10 dBm)		\pm 5% (0,66/0,78/0,85 μm , -10 dBm)	\pm 5% (0,85/1,3/1,55 μm , -10 dBm)		\pm 5% (0,85/1,3/1,55 μm , -10 dBm)	
Resolución de la medida		W/W(REL): 0,1% a 1%; dBm/dB (REL) : 0,01dB							
Horas de trabajo		LED apagado: 10 h o más, LED encendido: 4h o más (con la batería interna de Ni – Cd); posible operación flotante							
Rango de las temperaturas		Uso: 0°C a 50°C; Almacenamiento: -30°C a 50°C; Recarga: 10°C a 45°C							

6.3. Rangos de medida de pérdidas ópticas

		Sensor	Modo		-80	-70	-60	-50	-40	-30	-20	-10	0	+10	+20
MS9020A	MS0901A (0,85 μm)	MA9421A	C	W	_____										
			M	D	_____										
		MA9422A	C	W	_____										
			M	D	_____										
		MA9423A	C	W	_____										
			M	D	_____										
	MS0903A (1,55 μm)	MA9621A	C	W	_____										
			M	D	_____										
		MA9721A	C	W	_____										
			M	D	_____										
		MA9722A	C	W	_____										
			M	D	_____										
MA0904A (1,55 μm)	MA9723A	C	W	_____											
		M	D	_____											

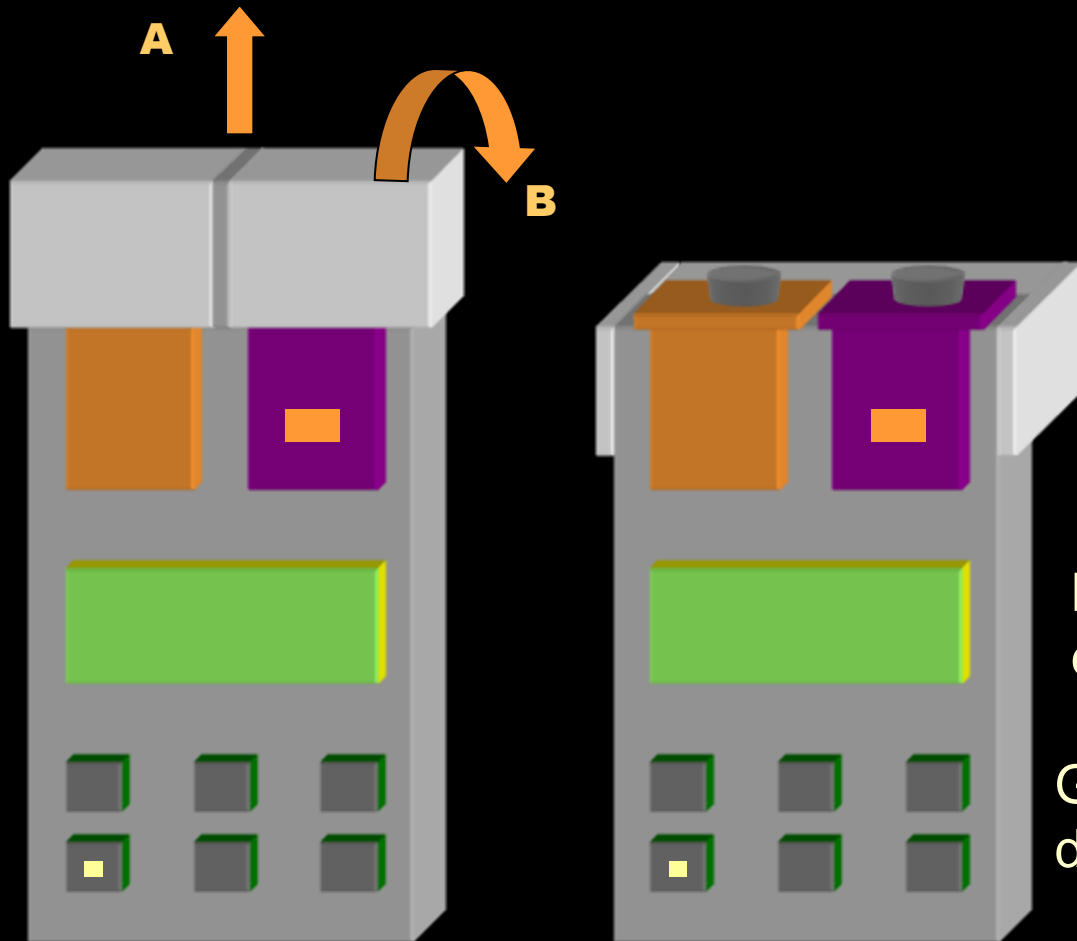
Unidad principal

Fuente de luz de LED

Rango de medida de pérdida óptica (dBm) para fibra multimodo

Para fibras monomodo, el nivel máx. de medida disminuye en 20 dB

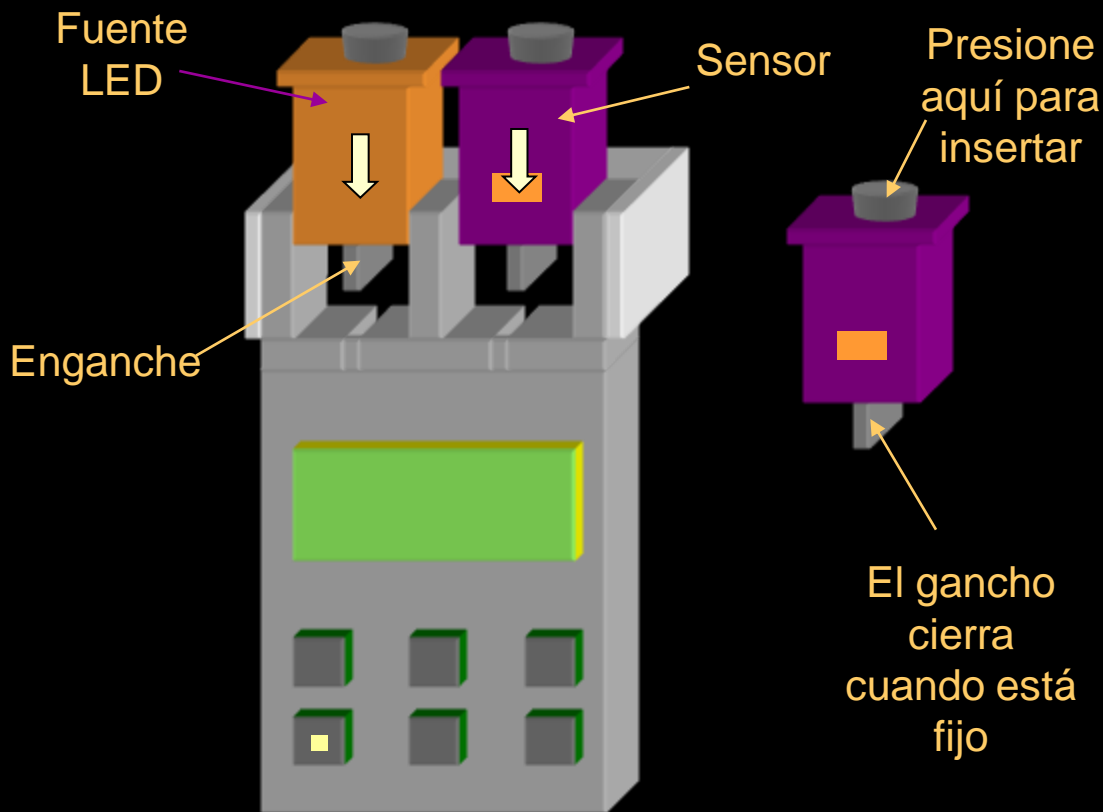
6.4. Forma de destapar el adaptador del conector



Levantarse la tapa de protección en la dirección A.

Girarla 90° en la dirección B para descubrir el adaptador del conector

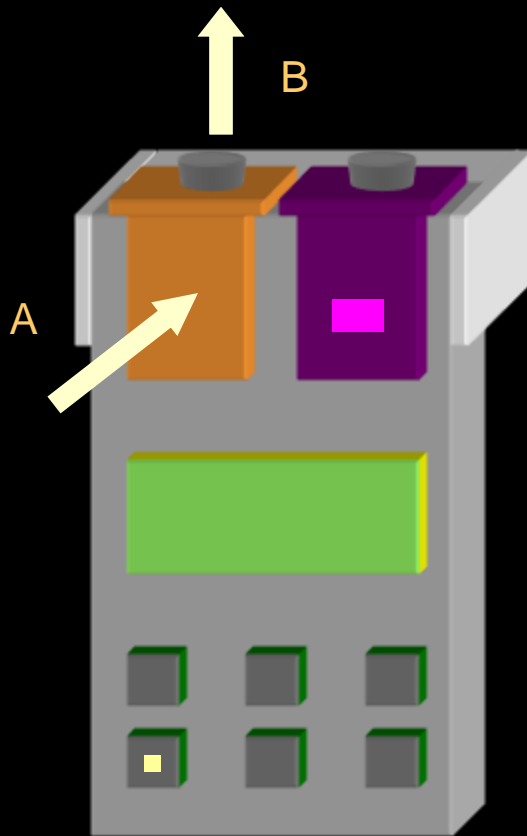
Forma de insertar el sensor o el LED



Alinear la superficie moldeada del sensor de potencia (o LED) con la superficie moldeada del instrumento.

Insertar el sensor (o LED) en la dirección de la flecha hasta que el cierre enganche.

Forma de retirar el sensor o el LED

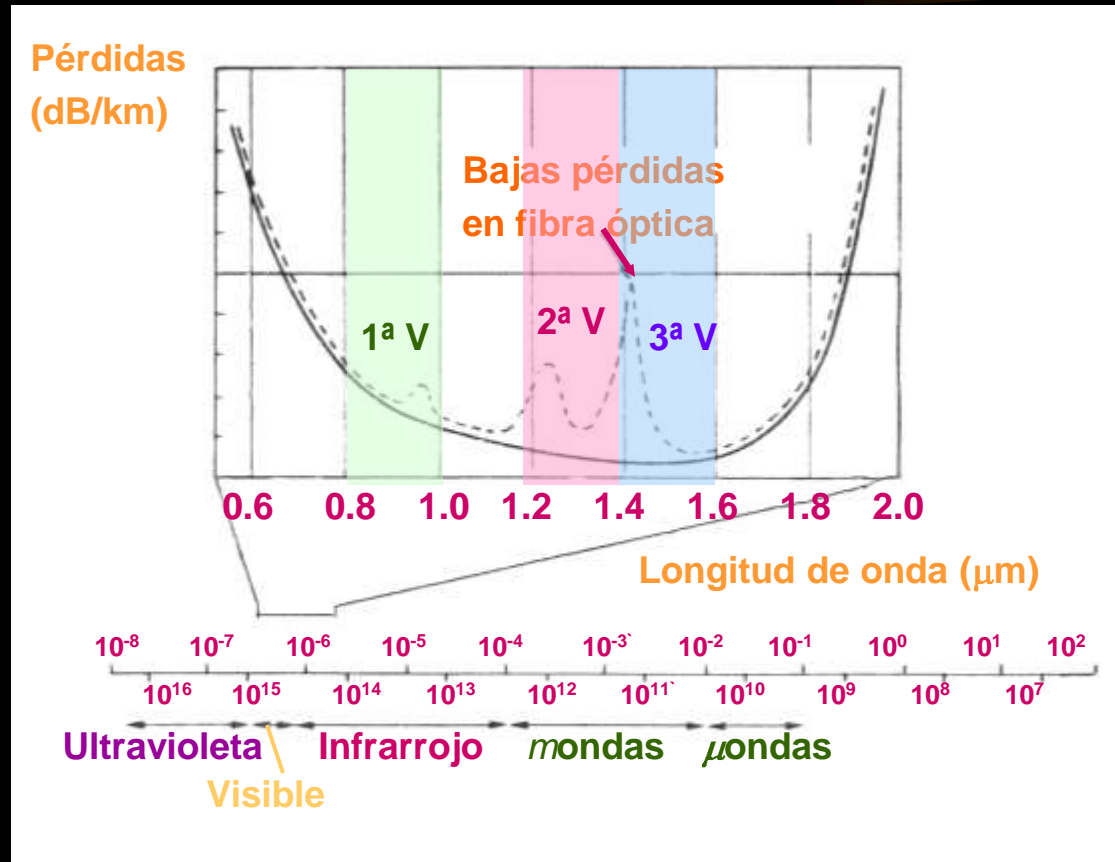


Presionar la parte superior del sensor (o LED) en la dirección A.

Empujarlo en la dirección B simultáneamente.

7. Forma de medir

- Elegir la ventana de longitud de onda adecuada.

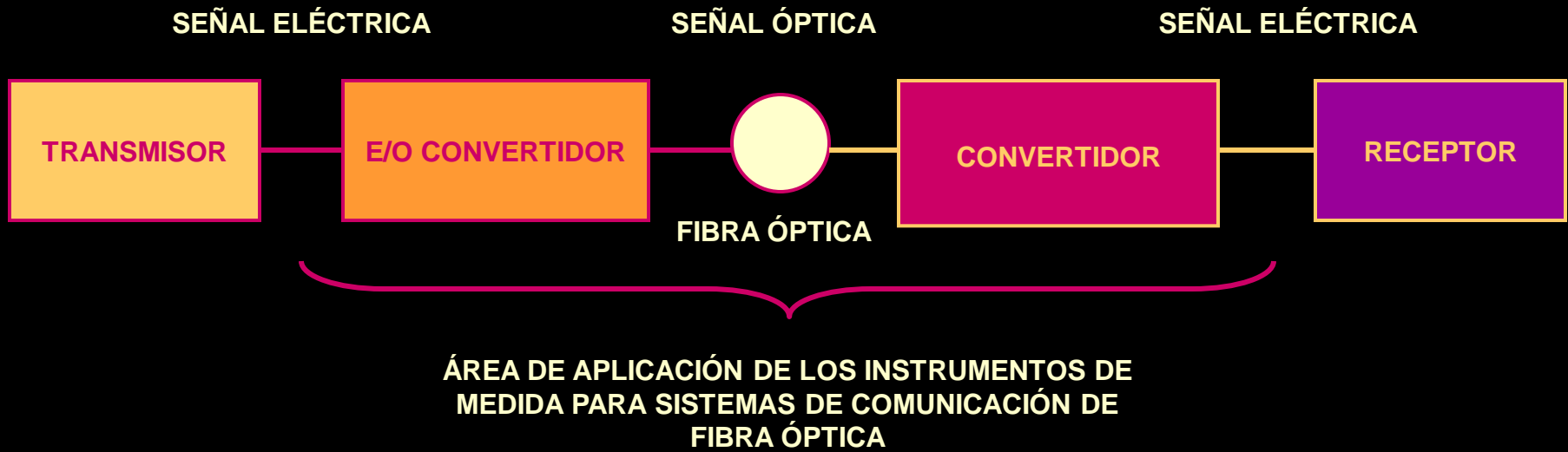


... forma de medir

- Escoger la fuente emisora de luz:
 - Distancias cortas \Rightarrow LED del instrumento.
 - Distancias largas \Rightarrow Fuente láser.
- Comunicar el emisor con el sensor, a través de un adaptador.
- Medir con el sensor, a través del adaptador, la potencia óptica.
- Medir con el sensor, la potencia que llega a través de la fibra óptica.

... forma de medir

- La diferencia de las 2 medidas anteriores es la pérdida de potencia óptica en la fibra.



8. Calibración

- Condiciones de medida:
 - T^a ambiente $23 \pm 5^\circ \text{C}$.
 - Humedad relativa $< 70 \%$.
 - Tensión de red $220 \text{ V} \pm 5 \%$.
 - El equipo permanecerá 24 h en las condiciones anteriores.

8.1. Calibración fuente de luz LED

- Procedimiento de calibración.
 - Sensor de potencia óptica
 - Analizador de espectros óptico } patrones con trazabilidad.
- Se seleccionan las longitudes de onda en el LED:
 - 1300 nm (2^a ventana).
 - 1550 nm (3^a ventana).
- Se realizan 12 mediciones de potencia (dBm) y longitud de onda emitida (nm).

...calibración fuente de luz LED

– $I_{(k=2)} = 2 \sigma$. La desviación típica ha sido calculada teniendo en cuenta todas las contribuciones que influyen en la medida.

- Resultados:

$\lambda = 1300 \text{ nm}$ (2ª ventana)

$\lambda = 1550 \text{ nm}$ (3ª ventana)

NIVEL DE POTENCIA (dBm)	INCERTIDUMBRE DE LA MEDIDA (k=2)
-36.640	$\pm 0.446 \text{ dB}$
LONGITUD DE ONDA CENTRAL	INCERTIDUMBRE DE LA MEDIDA (k=2)
1295.858	$\pm 1.725 \text{ nm}$

NIVEL DE POTENCIA (dBm)	INCERTIDUMBRE DE LA MEDIDA (k=2)
-39.889	$\pm 0.446 \text{ dB}$
LONGITUD DE ONDA CENTRAL	INCERTIDUMBRE DE LA MEDIDA (k=2)
1568.233	$\pm 4.039 \text{ nm}$

8.2. Calibración del sensor

- Procedimiento de calibración.
 - Fuente de luz láser
 - Sensor de potencia óptica
 - Atenuador óptico } patrones con trazabilidad.
- Se seleccionan las longitudes de onda:
 - 1310 nm (2^a ventana).
 - 1550 nm (3^a ventana).
- Se realizan 12 mediciones de potencia (dBm), teniendo en cuenta la atenuación para cada longitud de onda medida por el atenuador óptico.

... calibración del sensor

– Atenuación medida $\left\{ \begin{array}{l} \lambda=1310 \text{ nm} \Rightarrow 11.61 \text{ dB} \\ \lambda=1550 \text{ nm} \Rightarrow 11.35 \text{ dB} \end{array} \right.$

$I (K=2) = 2 \sigma$. La desviación típica ha sido calculada teniendo en cuenta todas las contribuciones que influyen en la medida.

... calibración del sensor

- Resultados:

$\lambda = 1310 \text{ nm}$ (2^a ventana)

NIVEL PATRÓN (dBm)	NIVEL MEDIDO CON EL INSTRUMENTO (dBm)	INCERTIDUMBRE DE LA MEDIDA (k=2)
-20.002	-19.98	$\pm 0.295 \text{ dB}$

$\lambda = 1550 \text{ nm}$ (3^a ventana)

NIVEL PATRÓN (dBm)	NIVEL MEDIDO CON EL INSTRUMENTO (dBm)	INCERTIDUMBRE DE LA MEDIDA (k=2)
-20.002	-19.99	$\pm 0.294 \text{ dB}$

10. Precauciones de manejo y condiciones ambientales

- **Precauciones de manejo:**
 - El cargador de baterías trabaja de 200 a 250V, a 50/60 Hz.
 - Apagar el aparato antes de cambiar o quitar una fuente de LED o un sensor de potencia óptica.
 - Un exceso de luz incidente puede dañar el fotodiodo del sensor.

... precauciones de manejo

- Cuando se usa el instrumento en un lugar iluminado, evitar la entrada de luz externa al sensor.
- Cuando se usa el instrumento sin adaptador, utilizar el sensor de forma que la luz incida directamente sobre el área activa.

Condiciones ambientales

- **Condiciones de trabajo.**
 - T^a ambiente: de 0° a 50° C.
 - Evitar lugares húmedos o polvorientos.
 - Evitar lugares donde esté expuesto a gases activos.
 - Después de largo tiempo de almacenamiento, no encender el instrumento hasta que esté seco completamente.

... condiciones ambientales

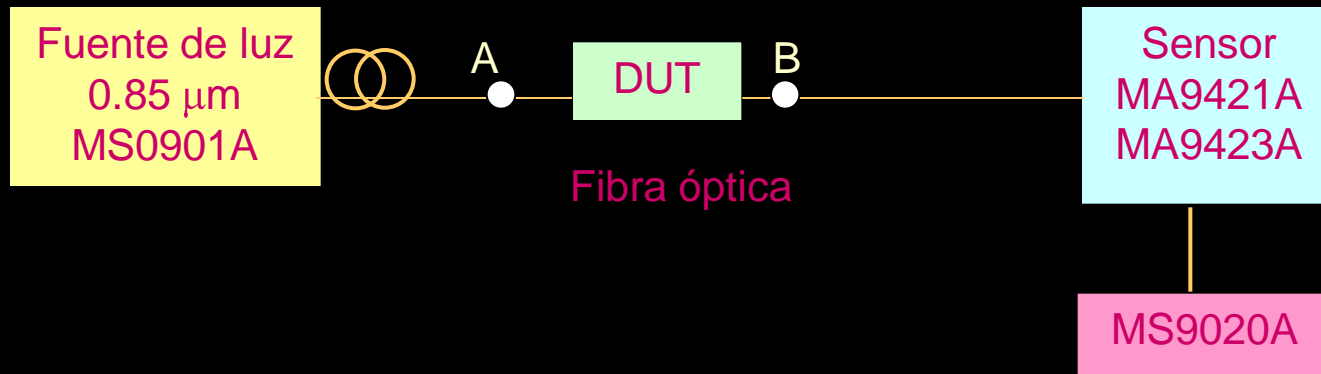
- Precauciones de almacenamiento.
 - Limpiarlo siempre antes de almacenarlo.
 - No almacenarlo:
 - A altas T^{as} (55°C o más).
 - Elevada humedad (90% o más).
 - T^{as} excesivamente bajas (-10°C o menos).
 - Bajo luz solar directa o en un lugar polvoriento.
 - En un lugar donde pueda ser afectado por condensación o por gases corrosivos.

... condiciones ambientales

- Condiciones de almacenamiento recomendadas:
 - Temperatura 0° a 30°C.
 - Humedad 40% a 80%.
 - Lugar Sin grandes fluctuaciones de T^a y humedad durante un periodo de 24 horas.

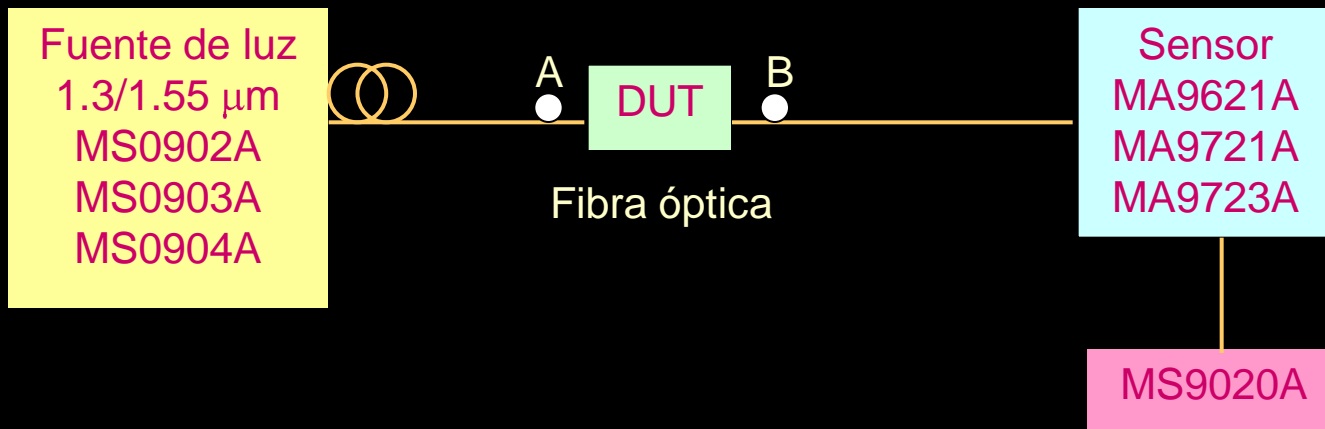
11. Aplicaciones

Medida de pérdidas ópticas en la banda de $0.85 \mu\text{m}$



... aplicaciones

Medida de las pérdidas ópticas en la banda de 1.3 / 1.55 μm



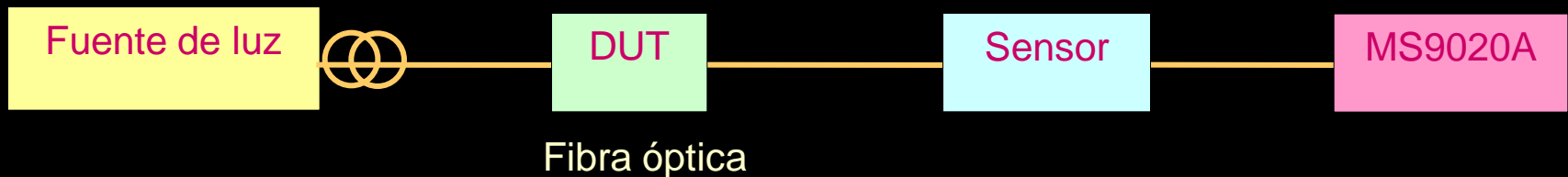
... aplicaciones

Medida de potencia óptica de LD y LED



... aplicaciones

Medida de la estabilidad de potencia óptica



... aplicaciones

Detección de luz fugada





Clara Alba

Isabel Garrido

Edurne Guergué