



Universidad  
Carlos III de Madrid  
[www.uc3m.es](http://www.uc3m.es)

# **TEMA 8:**

## **INTRODUCCION A LAS TECNOLOGIAS FOTONICAS Y SU APLICACION EN COMUNICACIONES OPTICAS GUIADAS Y EN ESPACIO LIBRE**

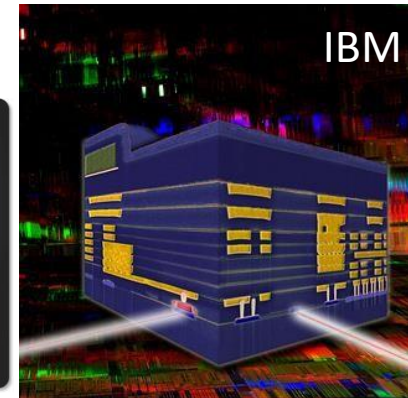
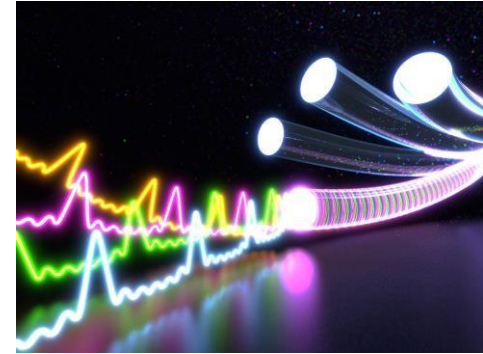
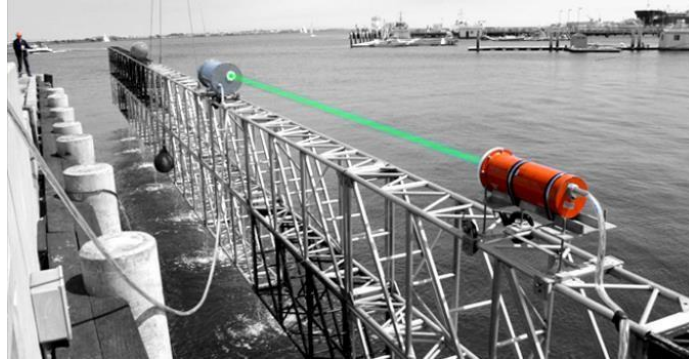
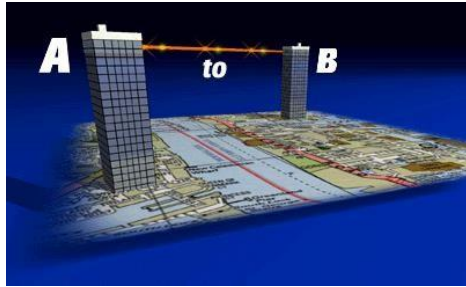
## **FOTONICA**

Grado en Ingeniería en Tecnologías de  
Telecomunicación

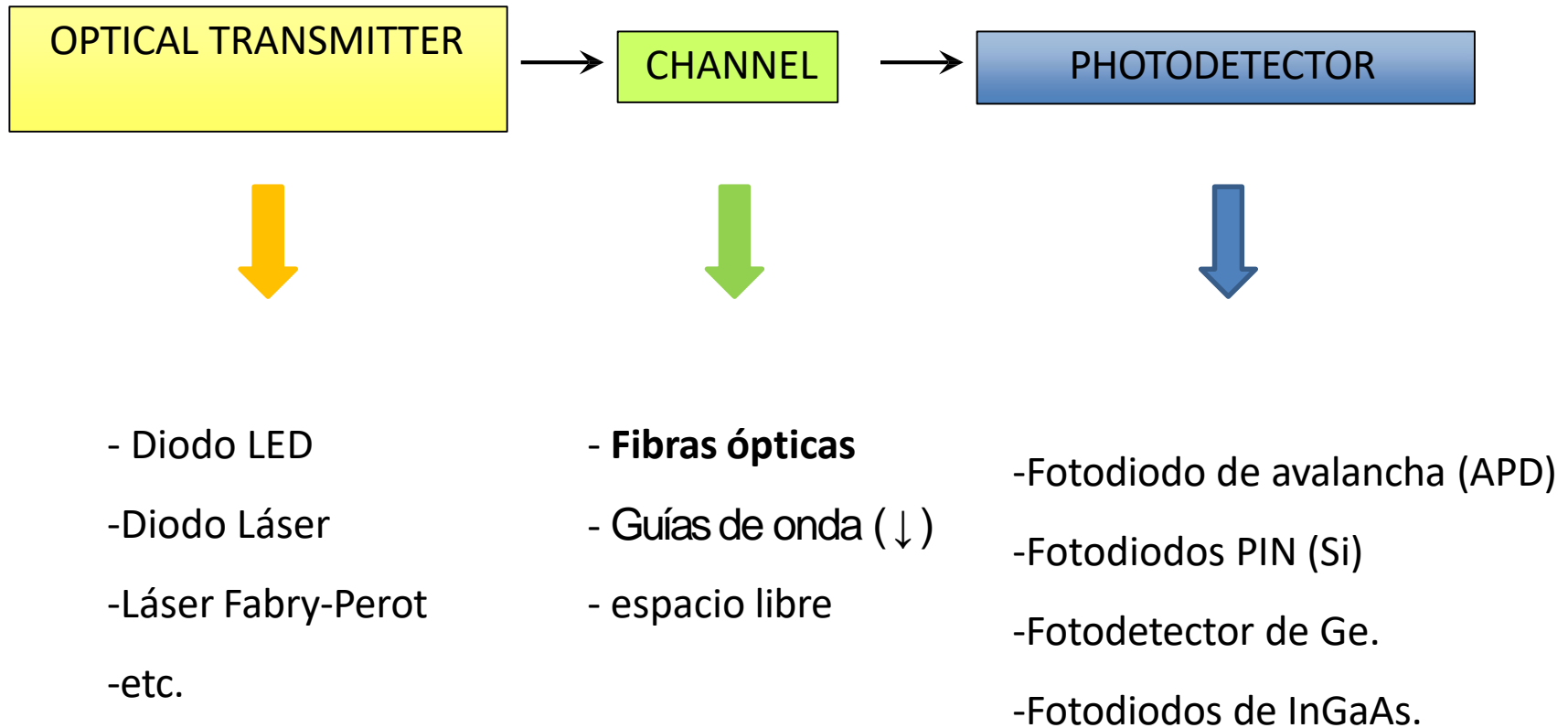
## 1.-INTRODUCCIÓN A LAS TECNOLOGIAS FOTONICAS EN COMUNICACIONES ÓPTICAS



## 1.-INTRODUCCION A LAS TECNOLOGIAS FOTONICAS EN COMUNICACIONES ÓPTICAS



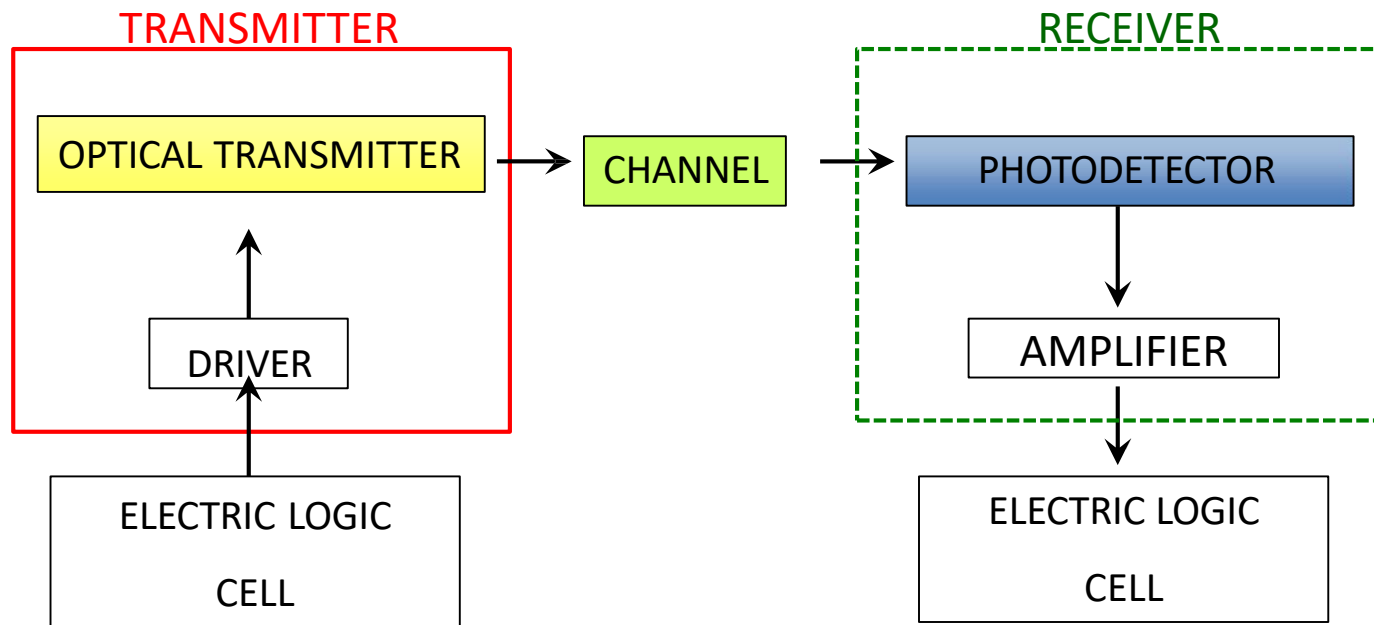
## 2.-ESQUEMA BÁSICO DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES OPTICAS



## 2.-ESQUEMA BÁSICO DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES OPTICAS

### ARQUITECTURAS DE INTERCONEXIÓN

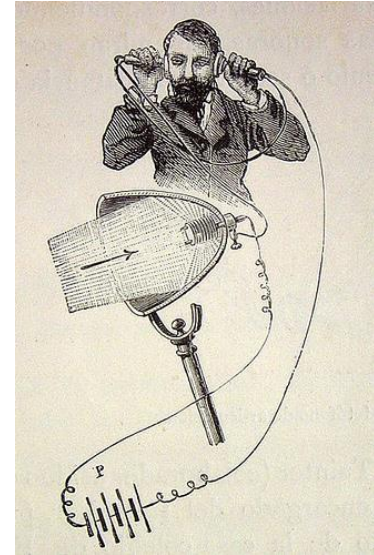
- **Discreta:** Datos son una señal eléctrica que debe ser convertida en luz. Más usual. Implica la necesidad de etapas electrónicas



- **Integrada:** (Sistemas Actuales). Toda la información está codificada en forma de luz. Reduce la cantidad de electrónica necesaria. Menor tamaño (inter- intra- chip).

## 3.- UN POCO DE HISTORIA...

- **1880** A. G. Bell desarrolla el *fotófono*
- **1910** Hondros y Debye estudian la propagación de la luz por guías de onda cilíndricas dieléctricas.
- **1927** Baird y Houssel logran transmitir imágenes por fibra sin cubierta
- **1950** Primeras aplicaciones sobre la transmisión de imágenes por fibras ópticas.
- **1959** Kapany desarrolla la primera fibra óptica con cubierta
- **1960** **Maiman crea el primer láser en funcionamiento. (Premio Nobel).**
- **1966** **Kao y Hockman proponen el uso de fibras ópticas para transmisión a grandes distancias (atenuación de 1000dB/km debidas a impurezas) (Premio Nobel).**



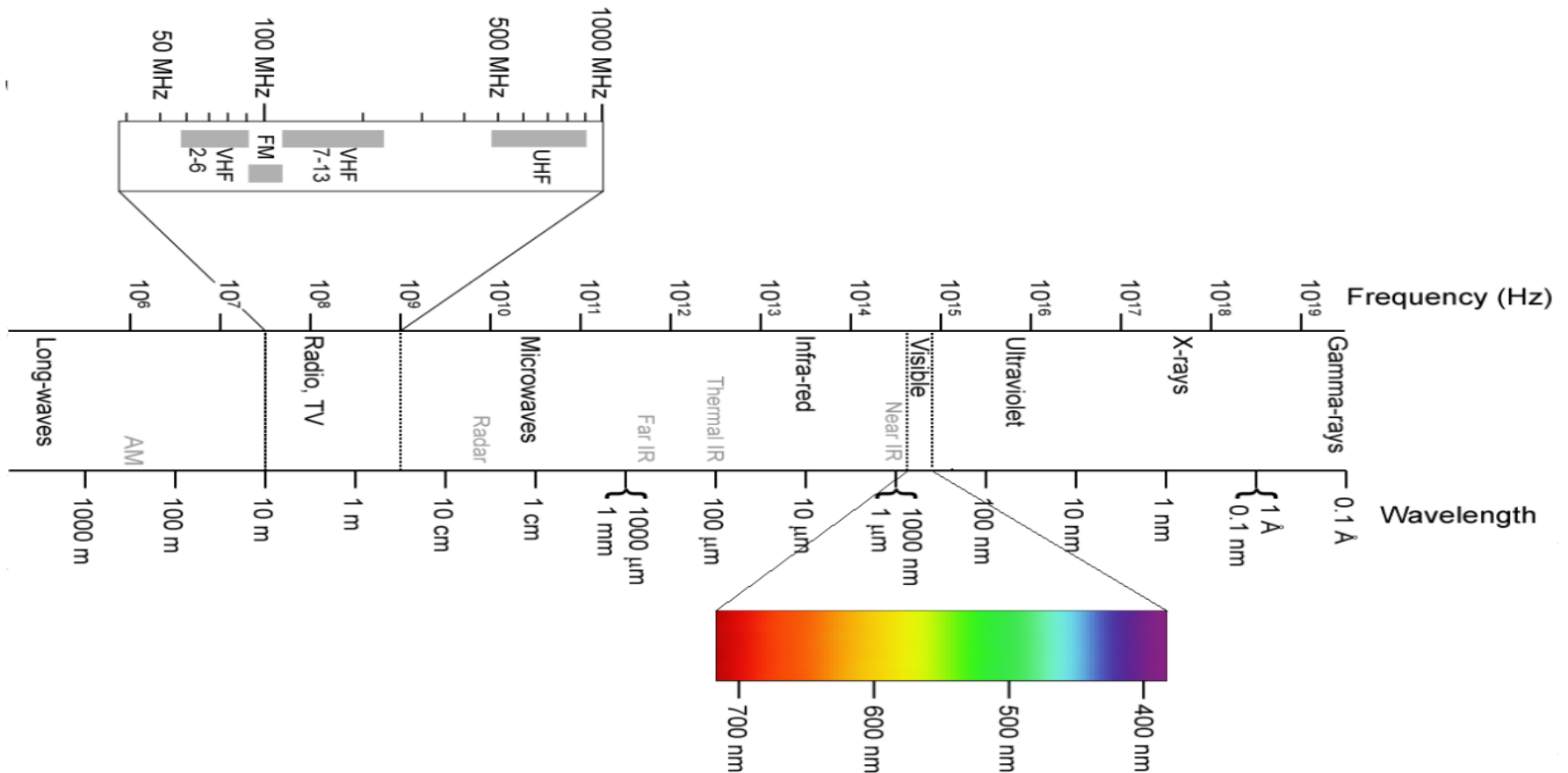


## **3.- UN POCO DE HISTORIA...**

- 1970** Corning Glass Works anuncia sus fibras ópticas con pérdidas de 20 dB/km en la región de  $1\mu\text{m}$
- 70's** Fibras con atenuaciones de 4dB/km (**1972**), 2dB/km (**1975**), 0.5dB/km (**1976**), 0.2db/km (**1979**)

**1974 es la fecha en la que comienza el  
desarrollo de las Comunicaciones pticas**

## 3.- UN POCO DE HISTORIA. ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO

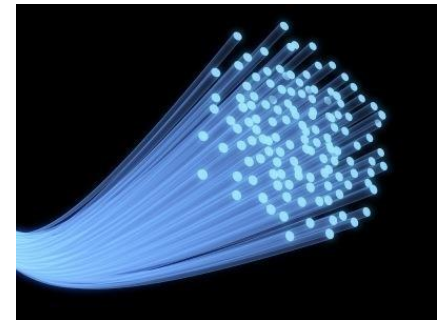




## 4.-LA REVOLUCIÓN DE LAS COMUNICACIONES OPTICAS GUIADAS

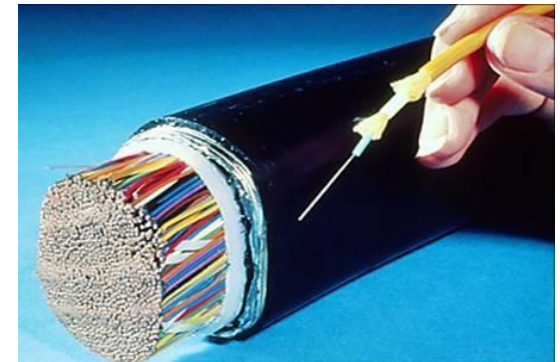
### Propiedades y ventajas de las Comunicaciones de Fibra Óptica

- **PÉRDIDAS** → muy bajas  
→ constantes con la frecuencia
- **GRAN ANCHURA DE BANDA (BW)**: Disminuye con la distancia.  
Parámetro importante **BW x L**

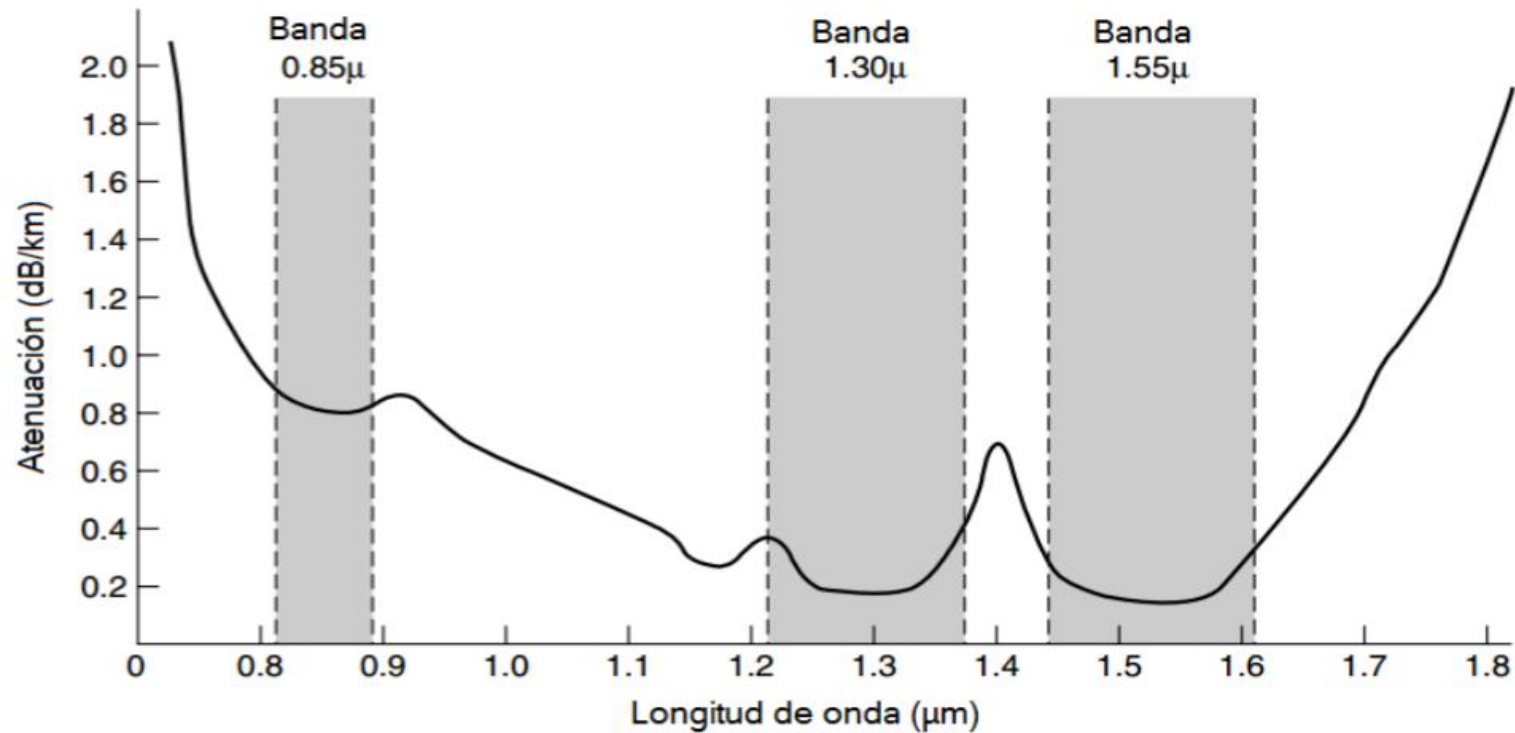


Ejemplo: Dada una fibra óptica con un parámetro  $BW \times L$  de  $3,2 \text{ THz} \cdot \text{km}$ , ¿cuál es su ancho de banda a 100 km?

- **TAMAÑO Y PESO**
- **INMUNES A LAS INTERFERENCIAS EM**: No crosstalk
- **SEGURAS**
- **COSTE /MATERIAL**: Silicon Dioxide ( $\text{SiO}_2$ )

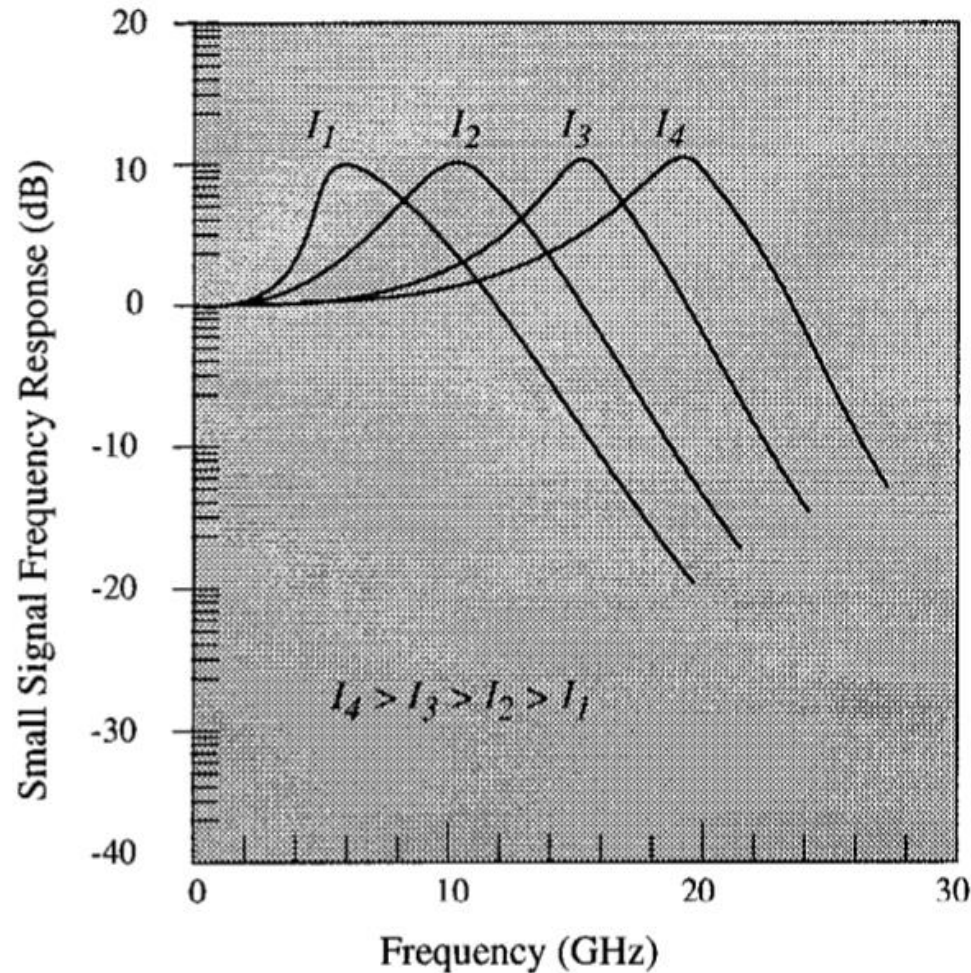


## 4.1.-Ventanas de Comunicaciones Opticas



**Figura** : Coeficiente de atenuación de la luz por unidad longitud de la fibra en la región del infrarrojo.

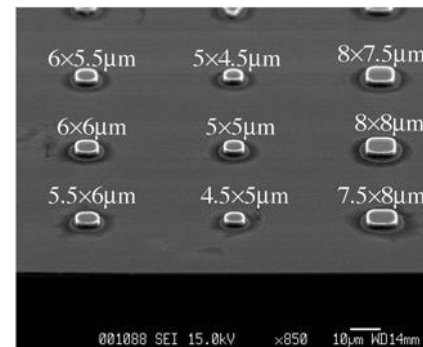
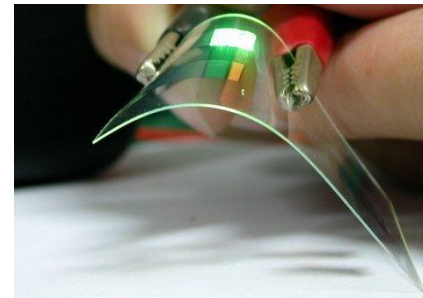
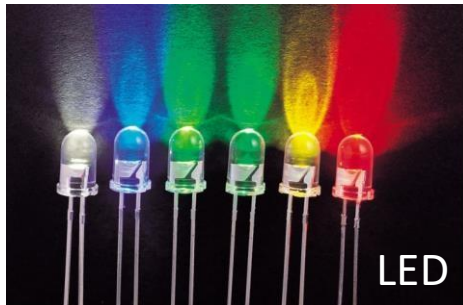
## 4.2.-Respuesta en Frecuencia de Diodos Láser



$$f_r = (1 / 2\pi) \cdot \sqrt{A \cdot S_0 / \tau_p}$$

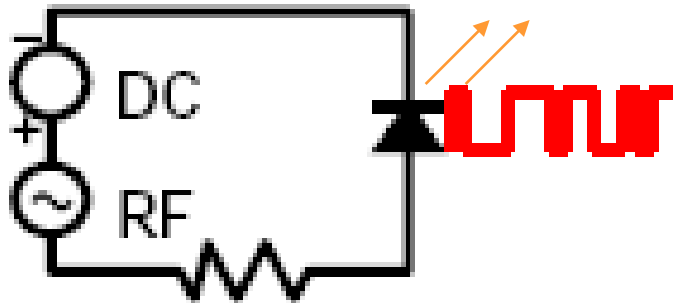
## 5.-DISPOSITIVOS FOTONICOS

### 5.1 EMISORES ÓPTICOS



## 5.-DISPOSITIVOS FOTONICOS

### 5.1 EMISORES ÓPTICOS



$$P_{"1"} \gg P_{"0"} > 0$$

$$\frac{P_{"1"}}{P_{"0"}} \approx 10 \text{ dB}$$

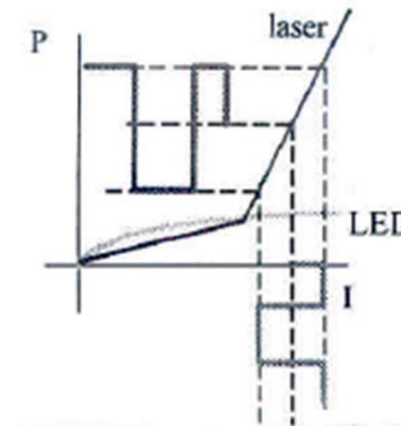
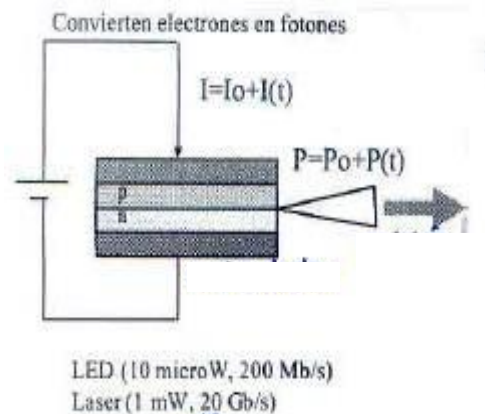


## 5.-DISPOSITIVOS FOTONICOS

### 5.1 EMISORES ÓPTICOS

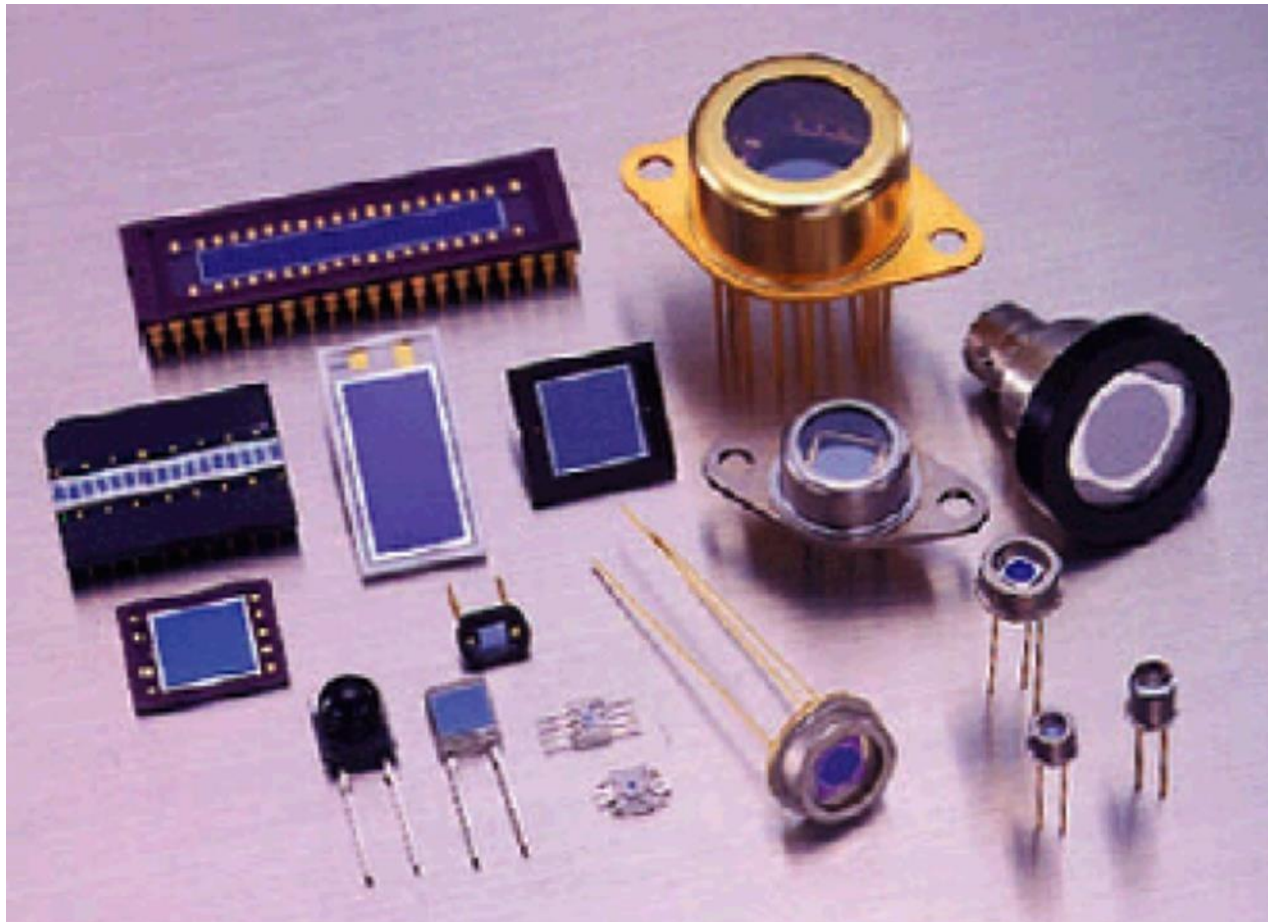
#### Principales Características:

- Característica **I-V** (Función de Transferencia Electrónica).
- Característica **P-I** (Función de Transferencia Opto-Electrónica).
- Potencia emitida (**P<sub>o</sub>**) y Corriente Inyectada (**I<sub>o</sub>**).
- Espectro de emisión: **Multimodo (DL Fabry-Perot) y Monomodo (DL-DFB)**
- Espectro de Radiación: **Un solo modo Lateral y Transversal)**
- Modulación y Ancho de Banda de Modulación (**BW**).
- Estructura y encapsulado.



## 5.-DISPOSITIVOS FOTONICOS

### 5.2 DETECTORES ÓPTICOS





## 5.-DISPOSITIVOS FOTONICOS

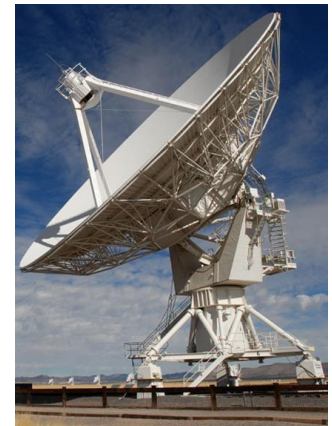
### 5.2 DETECTORES ÓPTICOS

#### Principales Características

- Responsividad (**A/W**) en función de la longitud de onda ( **$\lambda$** )
- Respuesta en frecuencia (**BW**)
- Ruido: **Ruido fotónico (Ruido shoot) y Ruido Térmico (Ruido Jonhson)**
- Adecuación al canal de tranmisi3n



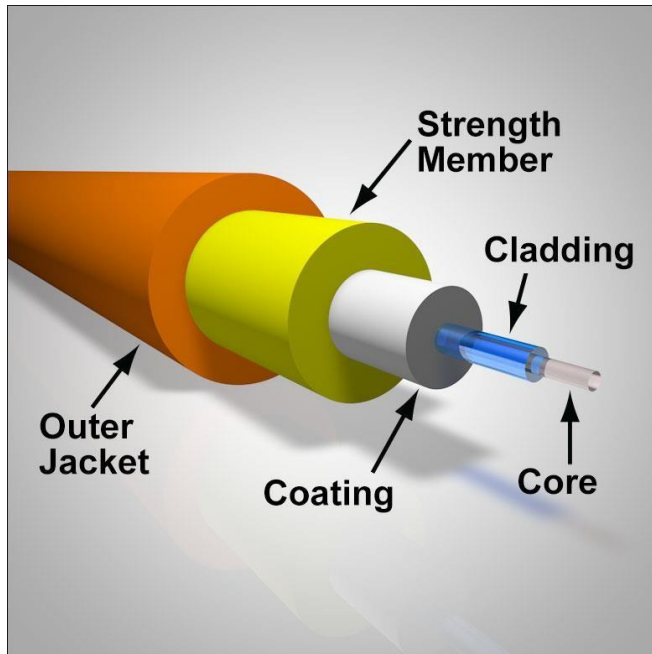
Fotodiodo PIN Hamamatsu  
S1223



## 5.-DISPOSITIVOS FOTONICOS

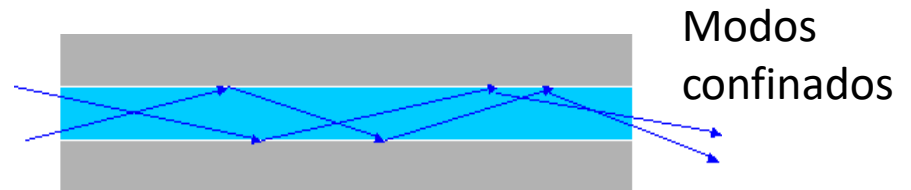
### 5.3 FIBRAS ÓPTICAS

#### Estructura



#### Funcionamiento

➤ Reflexión total interna: Propagación señal óptica en el núcleo

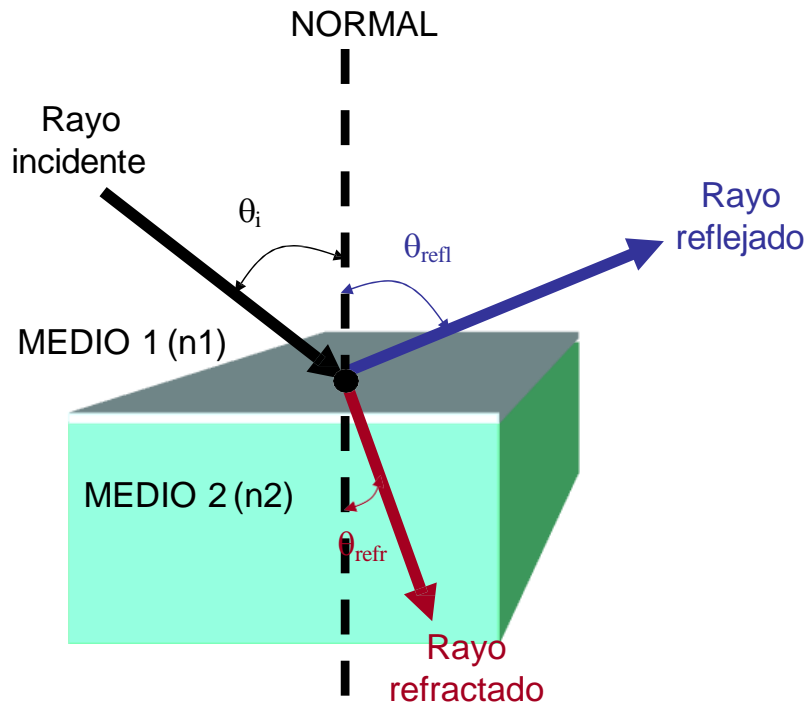


Cada haz de luz guiado con un determinado con un ángulo de incidencia

Núcleo →  $\text{SiO}_2$  dopado con  $\text{B}_2\text{O}_3$ ,  $\text{GeO}_2$  o  $\text{P}_2\text{O}_5$   
Revestimiento →  $\text{SiO}_2$

## 5.-DISPOSITIVOS FOTONICOS

### 5.3 FIBRAS ÓPTICAS



$$n1 \cdot \sin \theta_i = n2 \cdot \sin \theta_{refr}$$

- $n2 > n1$ : La ley se cumple para cualquier ángulo de incidencia
- $n1 > n2$ : Existe un **ÁNGULO CRÍTICO** ( $\theta_C$ ) para el que  $\theta_{refr} = \pi/2$

$$n1 \cdot \sin \theta_C = n2 \cdot \sin \frac{\pi}{2} \Rightarrow \sin \theta_C = \frac{n2}{n1}$$

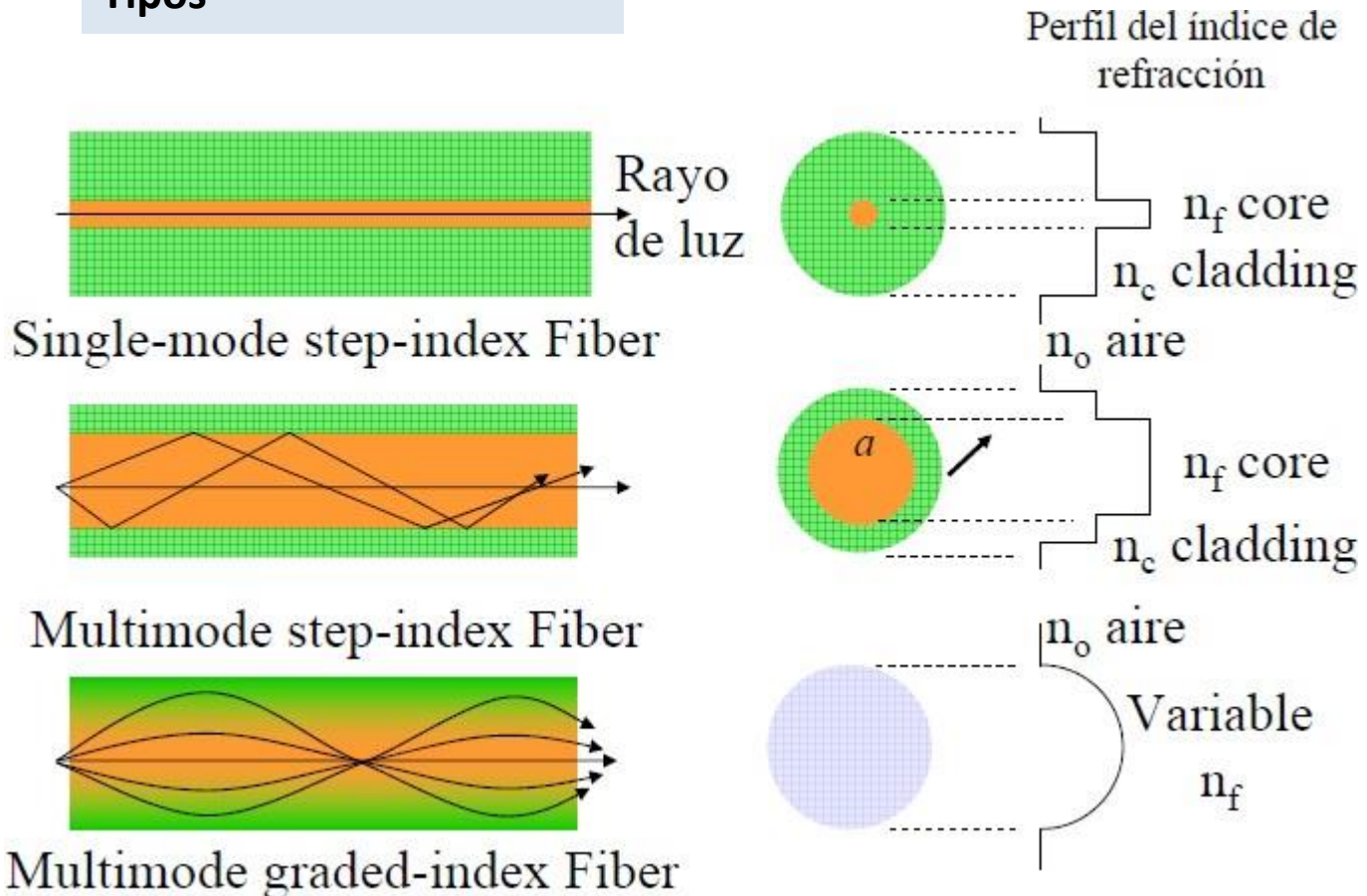
**REFLEXIÓN TOTAL** (no hay ningún rayo propagándose en el medio 2):

si  $\theta_i > \theta_C$  ( $\arcsen n2/n1$ )

## 5.-DISPOSITIVOS FOTONICOS

### 5.3 FIBRAS ÓPTICAS

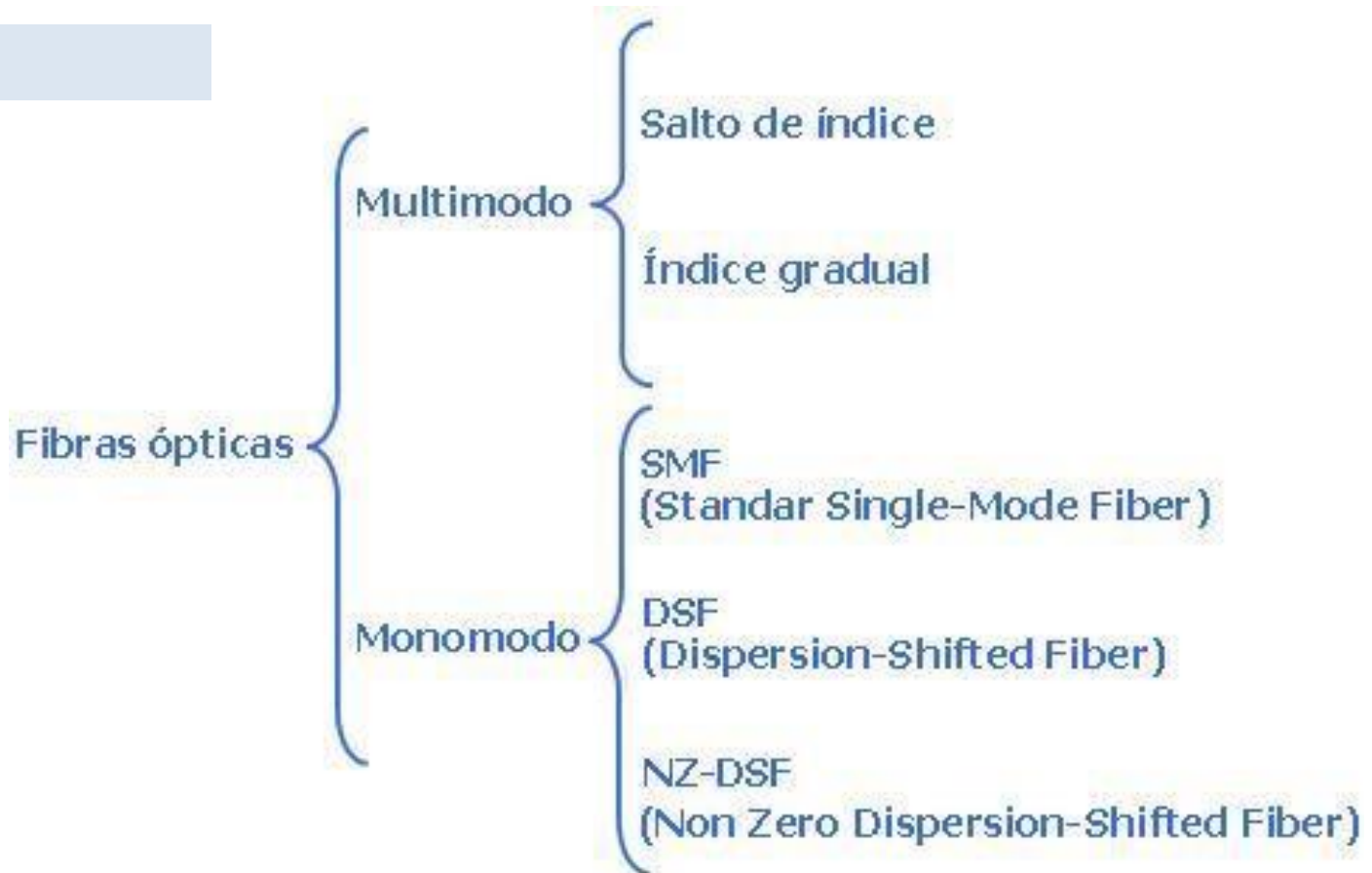
#### Tipos



## 5.-DISPOSITIVOS FOTONICOS

### 5.3 FIBRAS ÓPTICAS

#### Tipos

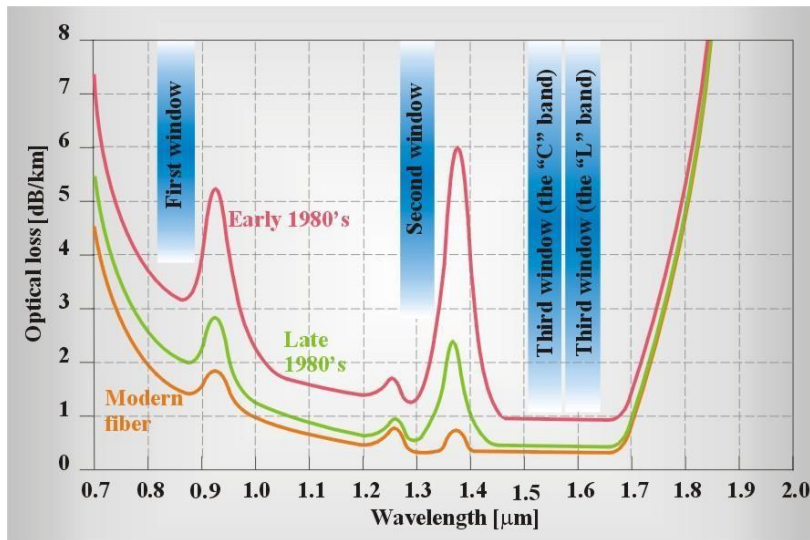


## 5.-DISPOSITIVOS FOTONICOS

### 5.3 FIBRAS ÓPTICAS

#### Especificaciones básicas:

#### Atenuación



#### Ventanas de transmisión

#### Dispersión Modal y Dispersión Cromática.

La Dispersión Cromática la tenemos con Fibras Monomodo según la Figura:

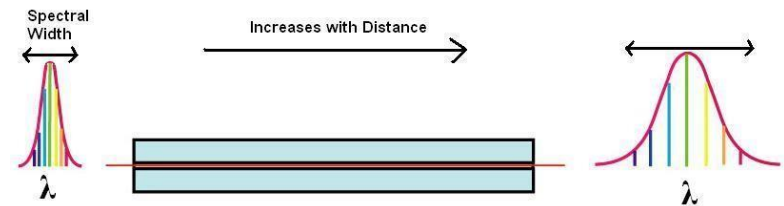
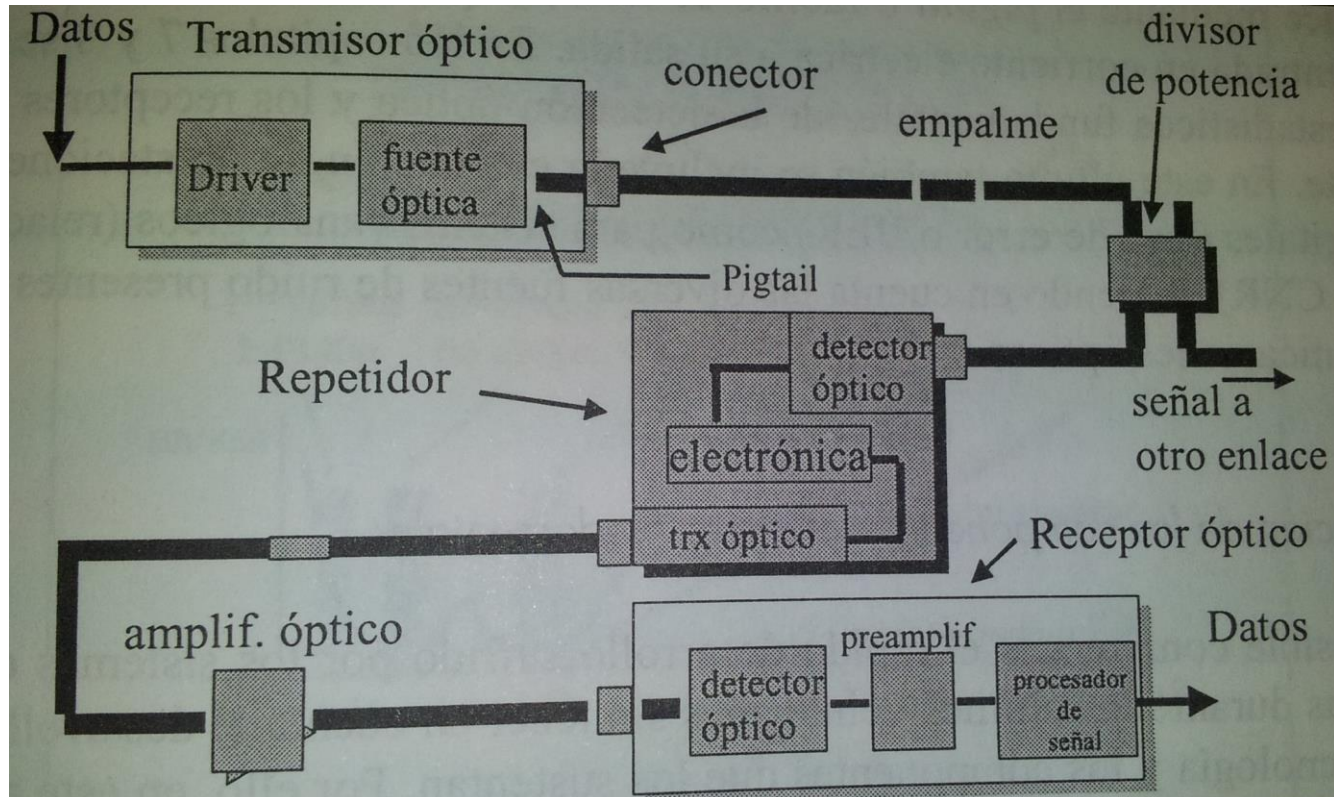


Figure 2: Chromatic Dispersion



## 6.-OTROS DISPOSITIVOS FOTONICOS EN LOS SISTEMAS DE COMUNICACIONES OPTICAS





## 6.-OTROS DISPOSITIVOS FOTONICOS EN LOS SISTEMAS DE COMUNICACIONES OPTICAS

### Otros dispositivos:

- Empalmes y conectores
- Amplificadores ópticos
- Moduladores
- Acopladores
- Aisladores, circuladores y beamsplitters
- Filtros
- Conmutadores
- Multiplexores y demultiplexores
- Etc.



## 7.-TÉCNICAS DE MULTIPLEXACIÓN

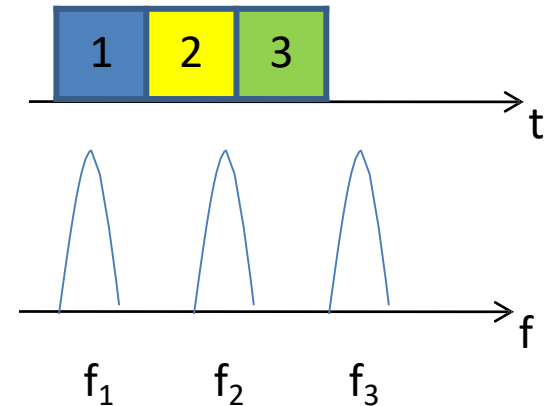
Enviar varias señales/canales digitales por una misma fibra óptica

### Multiplexado Electrónico

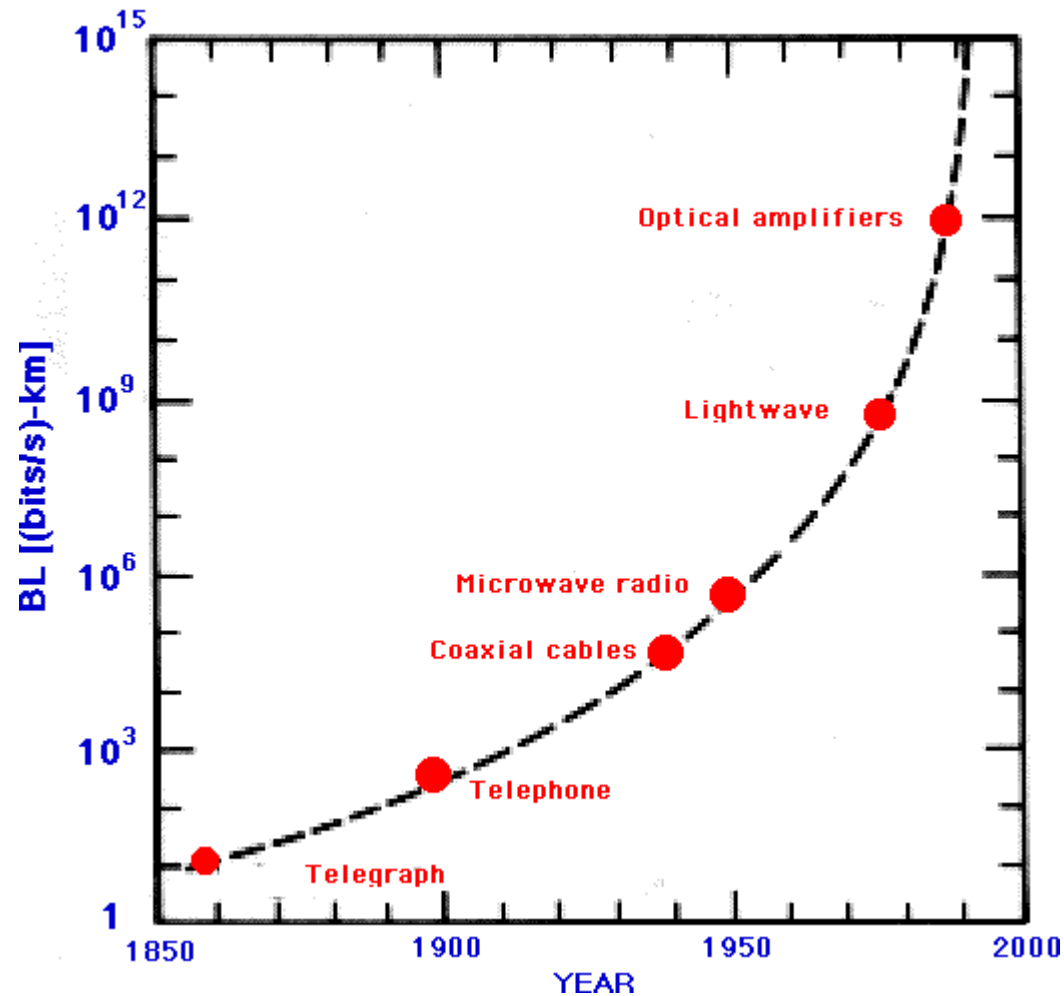
- ETDM (electronic time division multiplexing)
- SCM (subcarrier multiplexing)

### Multiplexado Óptico

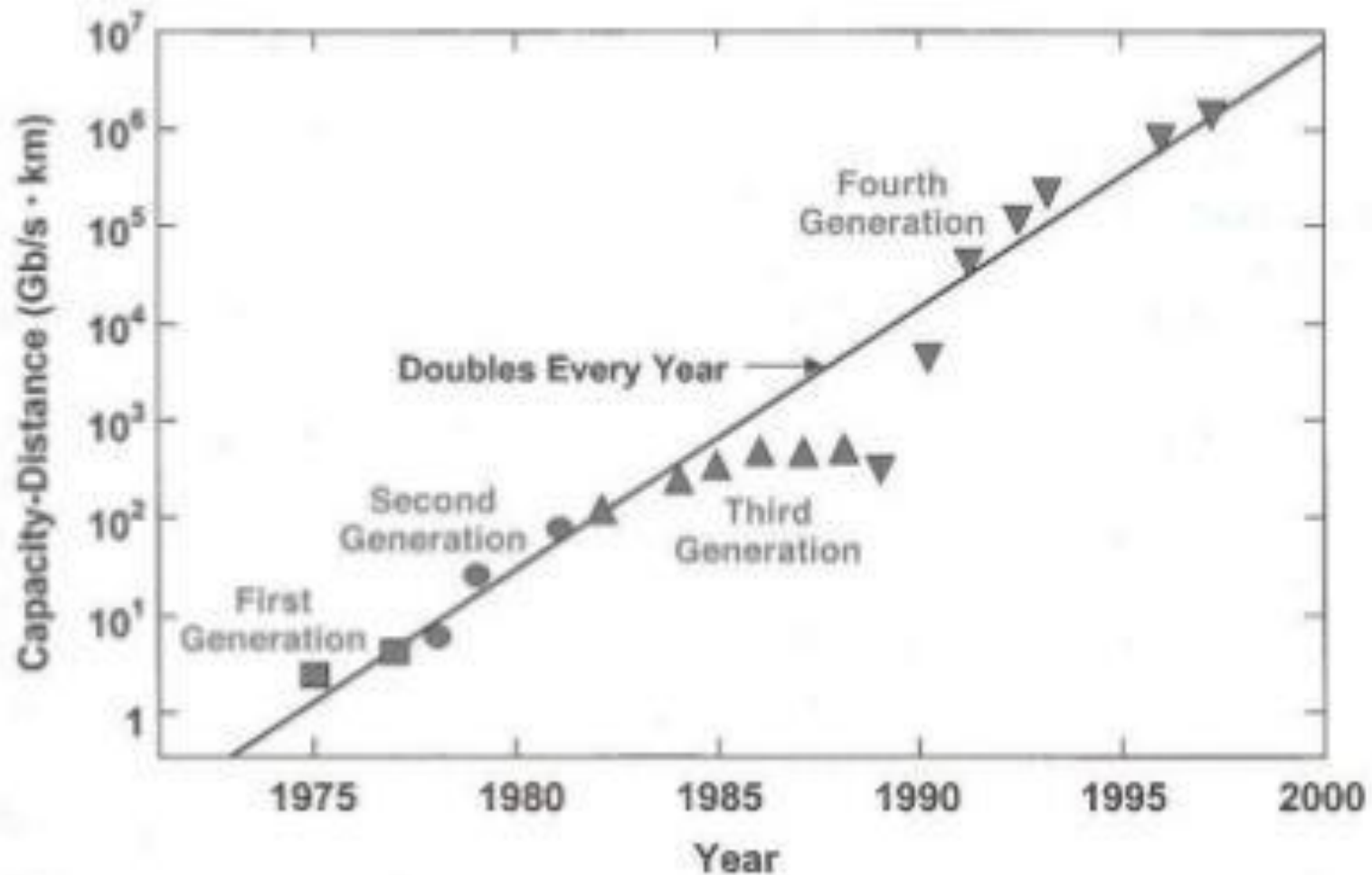
- WDM (wavelength division multiplexing)
  - Cada canal se asocia a una  $\lambda$
  - Importante la dispersión cromática y la anchura espectral
  - Necesario un filtro óptico en la recepción
  - 160  $\lambda$ 's a 10Gb/s



## 8.-EVOLUCIÓN DE LAS COMUNICACIONES ÓPTICAS



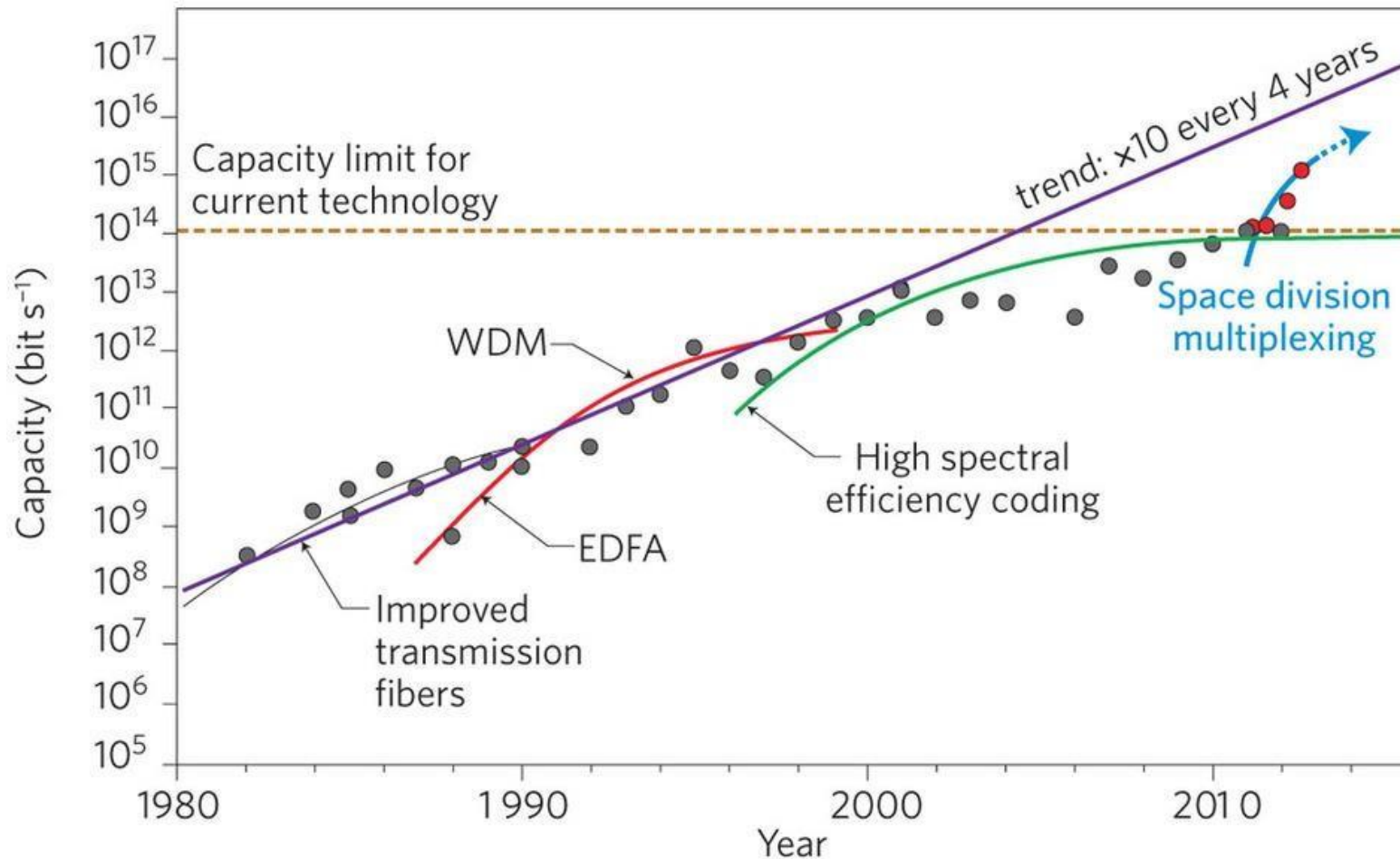
## 8.-EVOLUCIÓN DE LAS COMUNICACIONES ÓPTICAS



## 8.-EVOLUCIÓN DE LAS COMUNICACIONES ÓPTICAS

1ª Generación	2ª Generación	3ª Generación	4ª Generación	Wavelength Division Multiplexing	5ª Generación
$\lambda=0.8 \text{ mm}$	$\lambda=1.3 \text{ mm}$	$\lambda=1.55 \text{ mm}$	$\lambda=1.55 \text{ mm}$		$\lambda=1.55 \text{ mm}$
	Láseres InGaAsP Detectores Ge	Láseres DBR, DFB, cavidad ext.			
Fibras <b>m-mode</b> SI	Fibras <b>m-mode</b> (BL=2 Gbps·km) Fibras <b>s-mode</b> (BL=88 Gbps·km)	Fibras <b>DSF</b>	Fibra <b>s-mode</b>		Fibra <b>s-mode</b>
					<b>Solitones</b>
MI- DD	MI- DD	MI- DD	Detección. Coherente		
BL=500Mbps·km		BL=400 Gbps·km AO de fibra Erbio			BL=100 Tbps·km
Disp. Intermodal Atenuación <i>2.5dB/km</i>	Atenuación 0.5dB/km		Estabilidad $\lambda$ Tx y Osc. Óptico		Ruido por AO Limitación nº AO Uso filtros

## 8.-EVOLUCIÓN DE LAS COMUNICACIONES ÓPTICAS



## 8.-EVOLUCIÓN DE LAS COMUNICACIONES ÓPTICAS

