



Universidad
Carlos III de Madrid
www.uc3m.es



“Dispositivos y Medios de Transmisión Ópticos”

M6: TÉCNICAS DE MULTIPLEXACIÓN

Autor: Isabel Pérez

Revisado: Carmen Vázquez

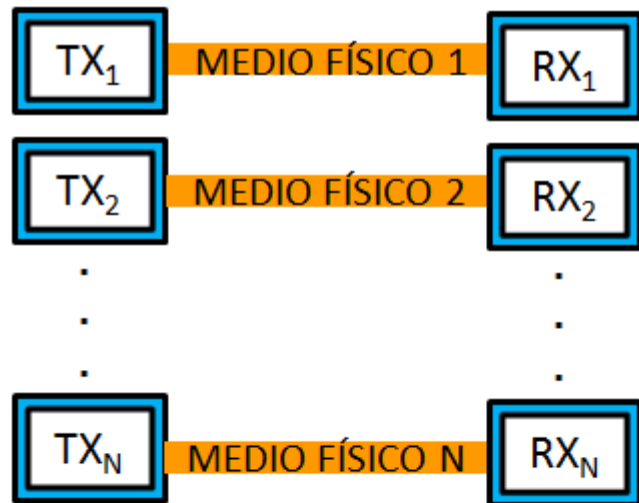
Grupo de Displays y Aplicaciones Fotónicas (GDAF)

Dpto. de Tecnología Electrónica

Universidad CARLOS III de Madrid

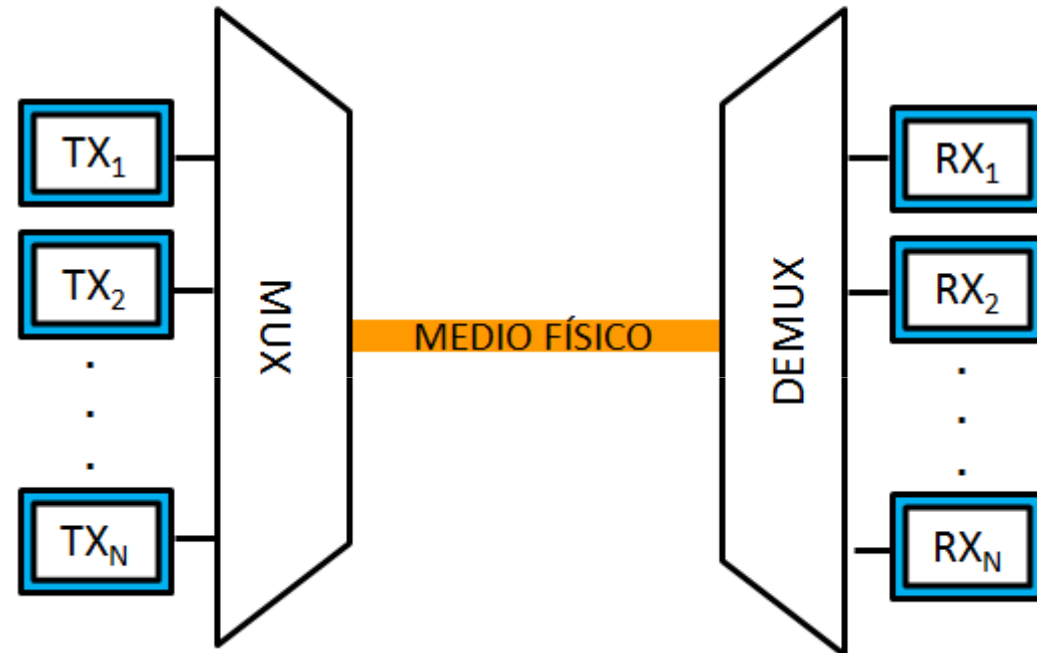
ENLACE DE DATOS PUNTO A PUNTO

SIN MULTIPLEXACIÓN



- Cada señal (canal) requiere un medio físico para la transmisión de información.

CON MULTIPLEXACIÓN



- Transmisión de varias señales (canales) a través de un único medio físico
- El medio debe “dividirse” de alguna manera dejando a cada señal una porción del BW del medio



FOs tienen gran BW \Rightarrow Posibilidad de transmisión múltiples canales



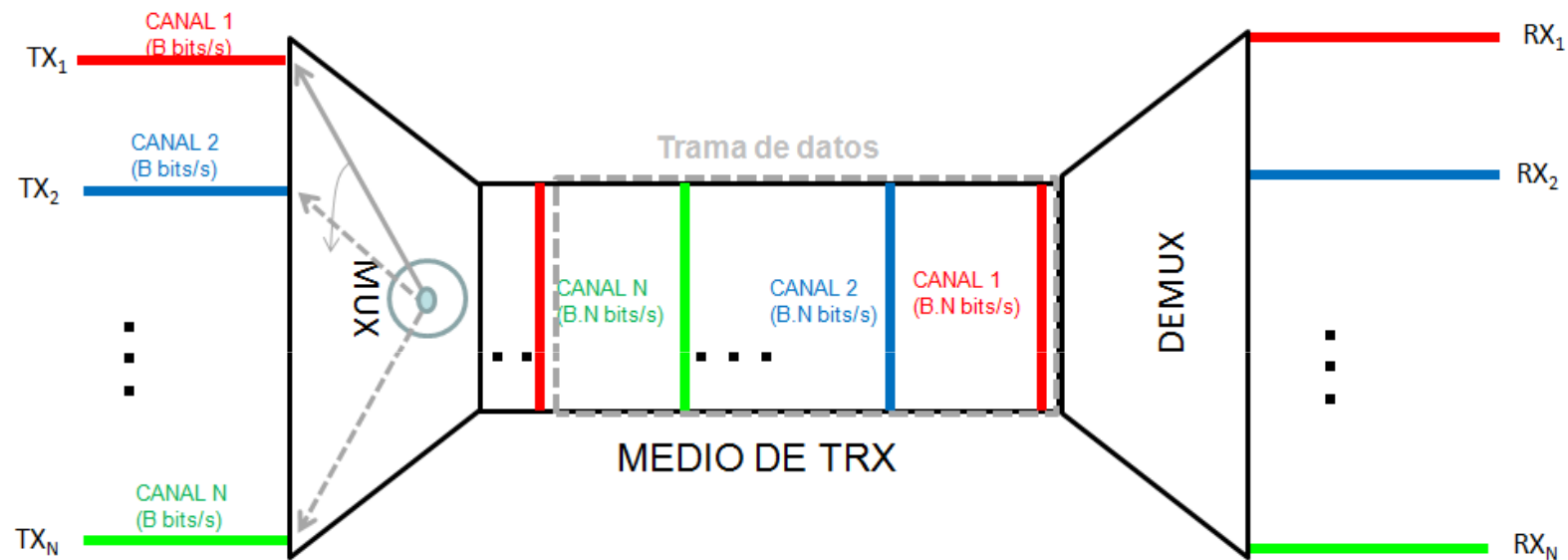
TÉCNICAS BÁSICAS DE MULTIPLEXACIÓN

- **Time Division Multiplexing (TDM)**: Los TXs envían información en diferentes instantes de tiempo (redes digitales)
 - Síncrona
 - Asíncrona
- **Frequency Division Multiplexing (FDM)**: Los TXs envían información modulada con diferentes frecuencias (radio, TV)
- **Code Division Multiplexing (CDM) o Code División Multiple Access (CDMA)**: Los TXs envían información con la misma frecuencia y en los mismos instantes de tiempo pero utilizando una codificación diferente (telefonía móvil)

En sistemas de comunicaciones ópticas,

- **Optical Time Division Multiplexing (OTDM)**:
 - Síncrona : **SONET /SDH** (*Synchronous Optical NETWORK/ Synchronous Digital Hierarchy*)
- **Wavelength Division Multiplexing (WDM)**: Similar a FDM pero MUX/DEMUX ópticos.
 - **CWDM**: *Coarse Wavelength Division Multiplexing*
 - **DWDM**: *Dense Wavelength Division Multiplexing*

ESTRUCTURA BÁSICA SISTEMA DE TRANSMISIÓN PUNTO A PUNTO TDM

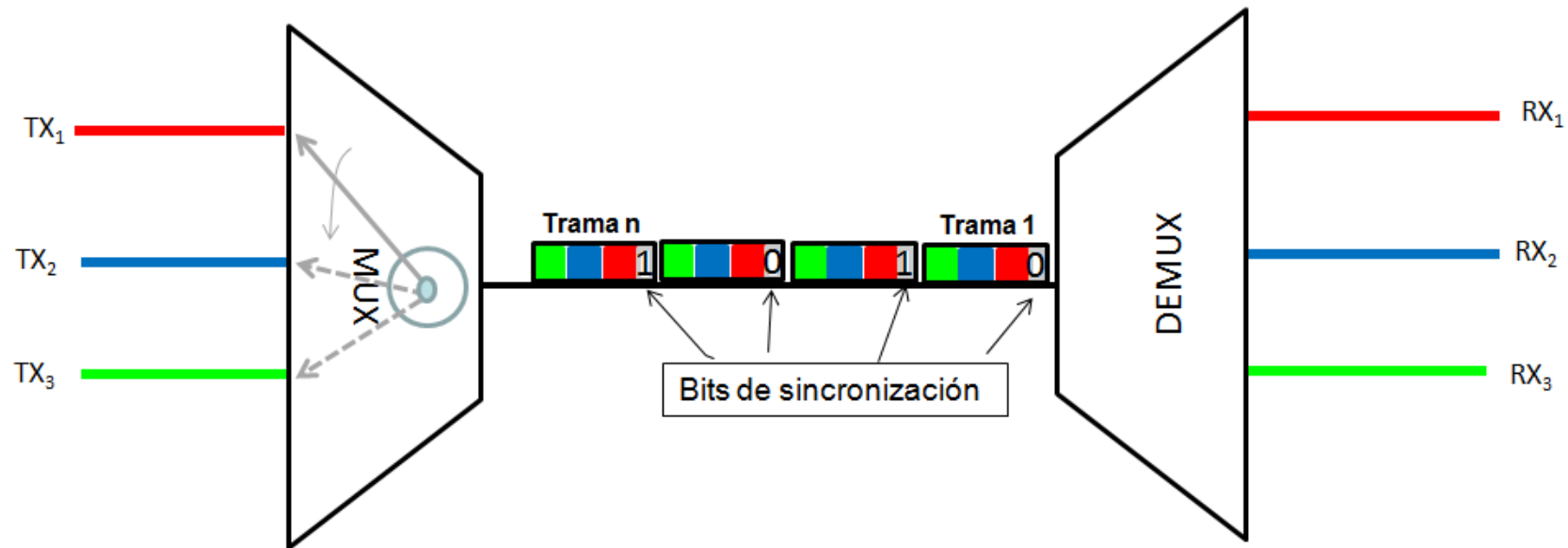


- TDM asigna **ranuras de tiempo** a cada canal, de forma que el camino es usado alternativamente por los distintos canales multiplexados.
- El MUX “**muestra**” **secuencialmente** cada uno de los canales
- Limitación: Imposibilidad de muestrear señales con alta **velocidad de transmisión** (<100Gbit/s)

TDM SÍNCRONA (I)

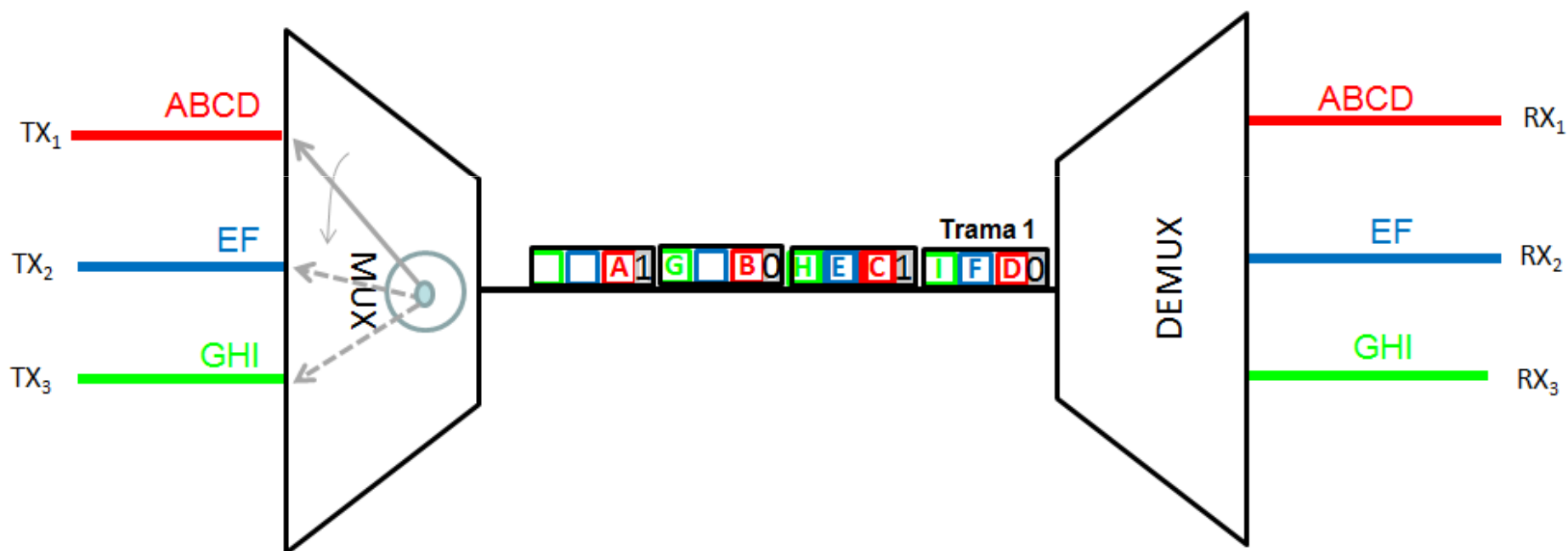
- **Se asigna secuencialmente una ranura de tiempo a cada TX** aún en el caso de que alguno de ellos no tenga nada que transmitir (**no se aprovecha toda la capacidad del medio**, ya que algunas ranuras de tiempo pueden quedar vacías)
- Una **trama** está formada por un ciclo completo de ranuras de tiempo, pudiendo contener más de una para un mismo dispositivo emisor
- **Bits de sincronización**, permiten al demultiplexor sincronizarse con el flujo de entrada para separar la información correspondiente a cada ranura.

Ej: 3 TX, 1 ranura de tiempo en cada trama para cada TX + bit de sincronización



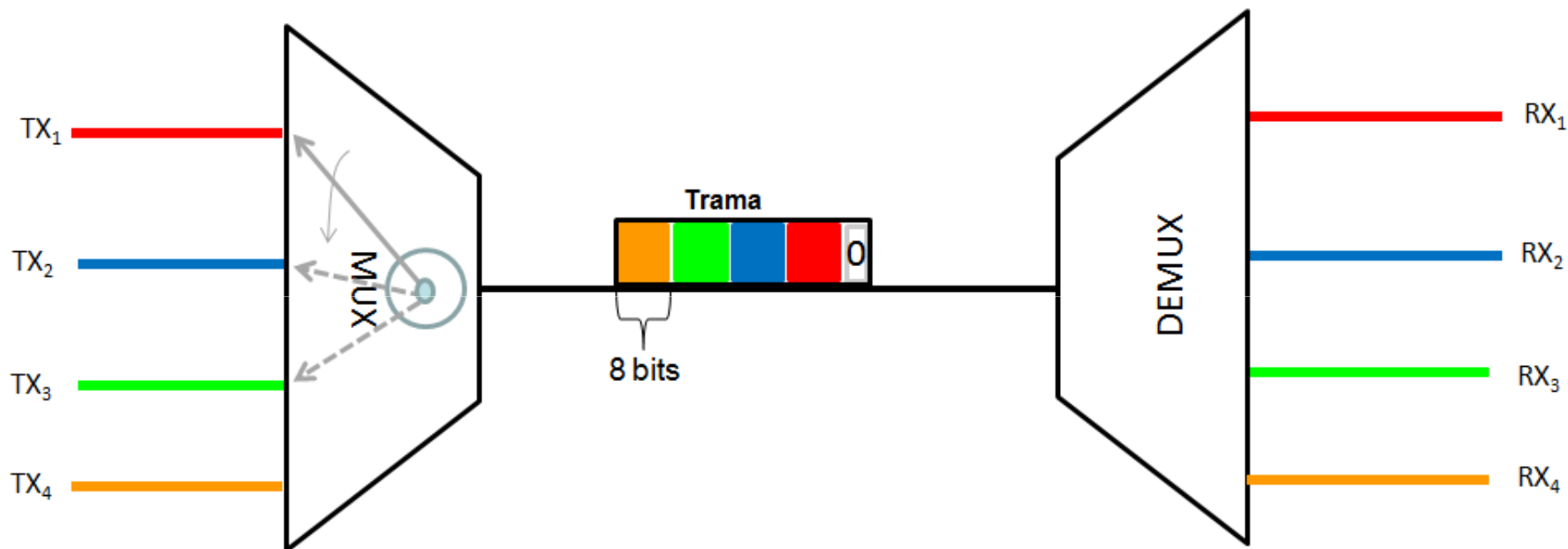
TDM SÍNCRONA (II)

Ej: 3 TX, 1 ranura de tiempo (8 bits) en cada trama para cada TX + bit de sincronización



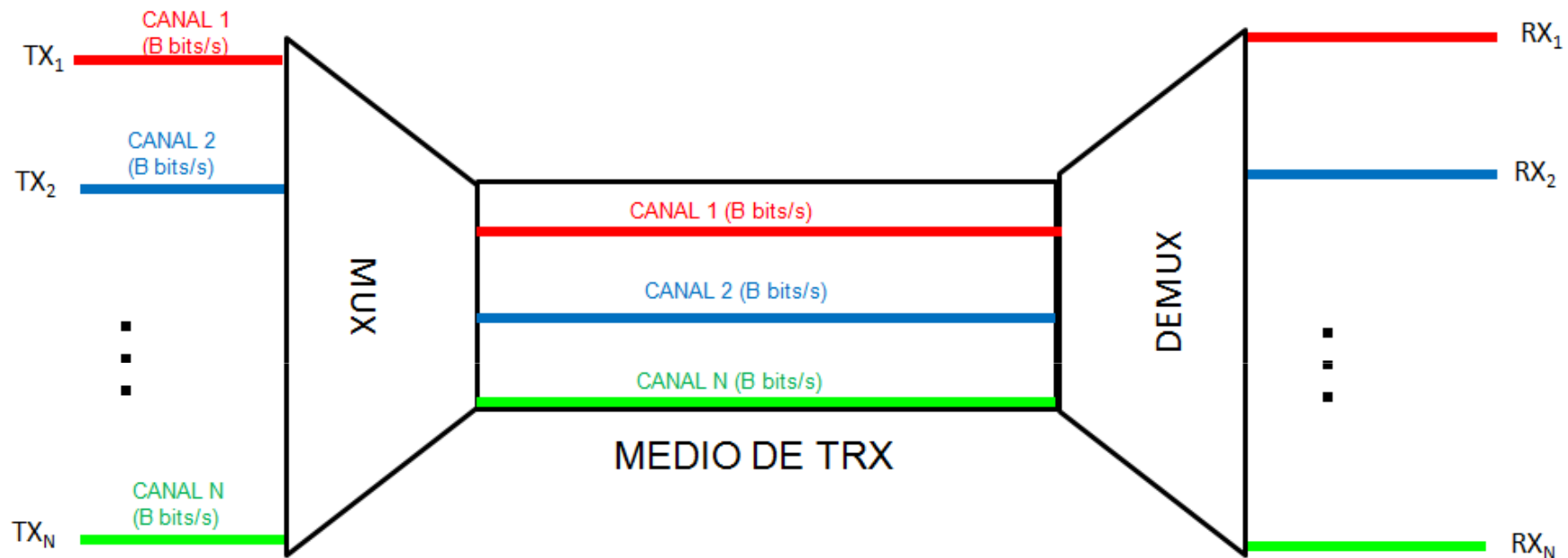
TDM SÍNCRONA (III)

Ej: 4 TX, 1 ranura de tiempo (8 bits) en cada trama para cada TX + 1 bit de sincronización
frecuencia de muestreo MUX = 250kHz



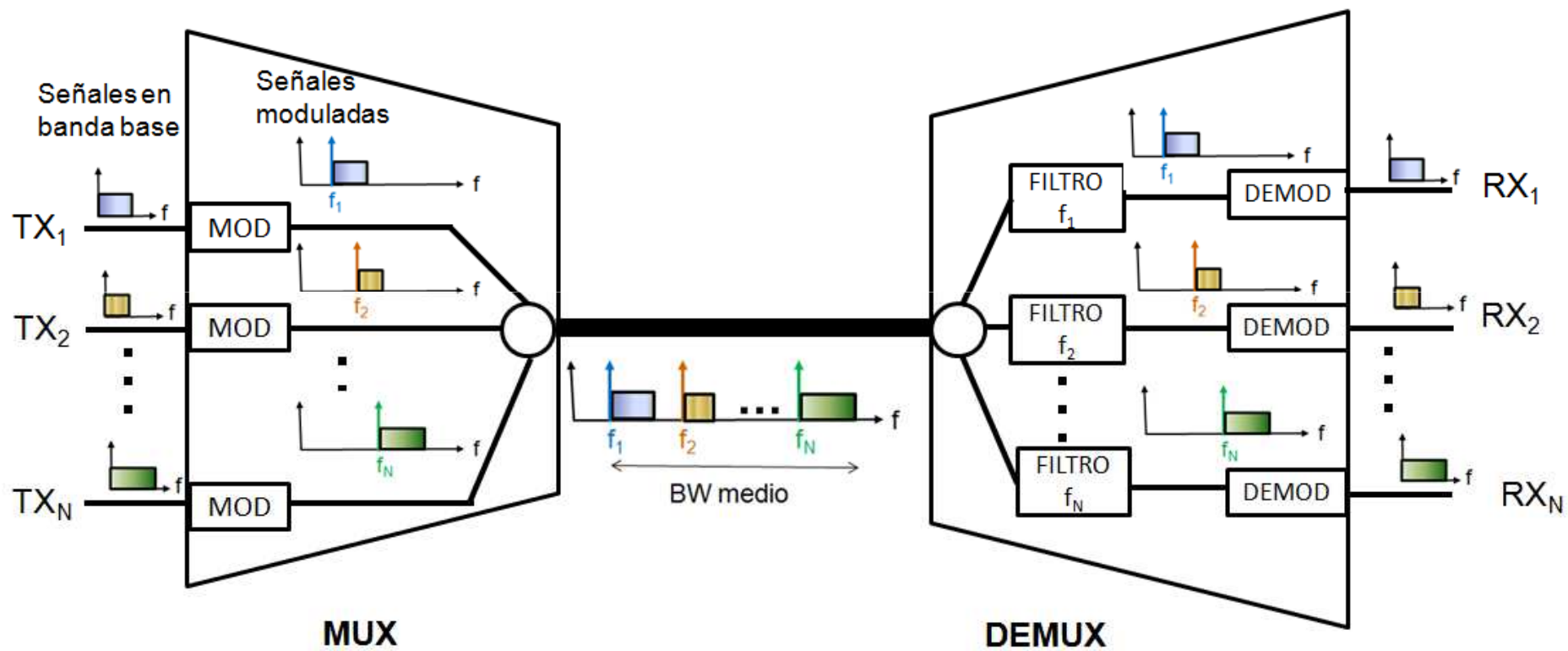
- **Velocidad de transmisión del sistema:** $250 \cdot 10^3 \text{ tramas/s} \times 33 \text{ bits/trama} = 8.25 \text{ Mbits/s}$
- **Duración de un bit:** $1 / (8.25 \text{ Mbits/s}) = 121 \text{ ns}$
- **Duración de una ranura (slot) de tiempo:** $121 \text{ ns/bit} \times 8 \text{ bits} = 968 \text{ ns}$
- **Duración de una trama:** $121 \text{ ns/bit} \times 33 \text{ bits} = 4 \mu\text{s}$

ESTRUCTURA BÁSICA SISTEMA DE TRANSMISIÓN PUNTO A PUNTO FDM



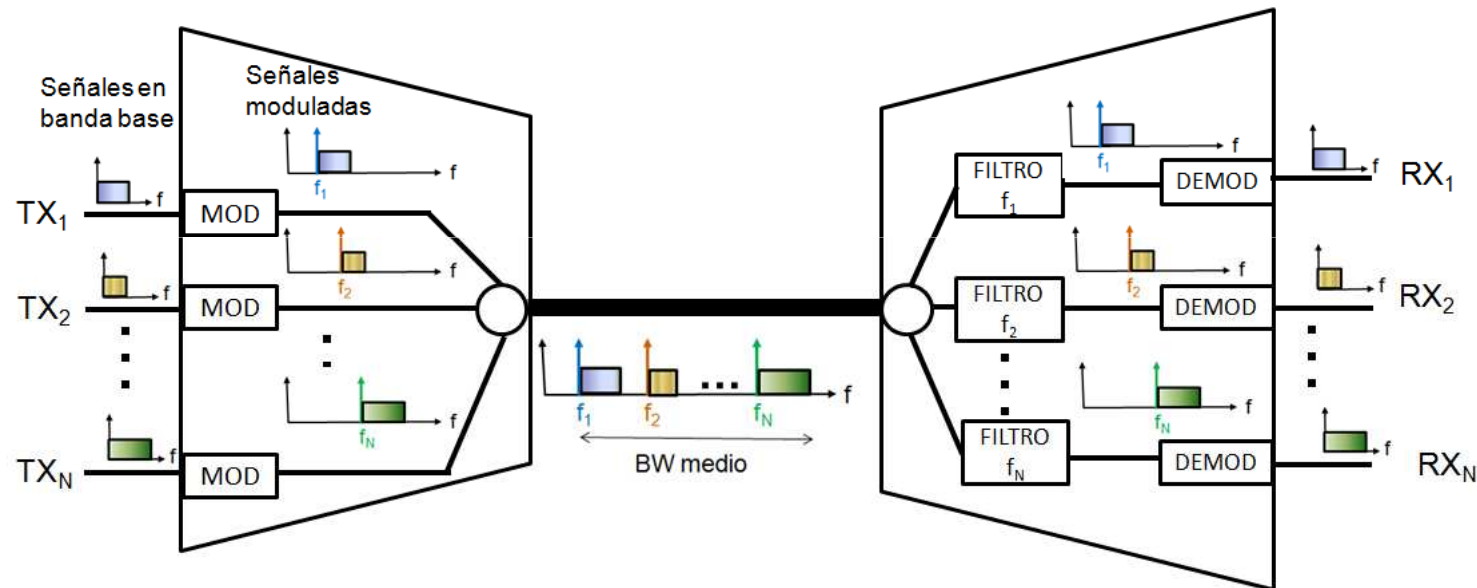
- Las señales generadas por cada dispositivo emisor se **modulan** (electrónicamente) usando **distintas frecuencias portadoras**.
- Entre los canales hay que dejar **bandas de guarda** para prevenir que las señales se solapen.
- Se usa modulación AM o FM.

FDM (I)



FDM (II)

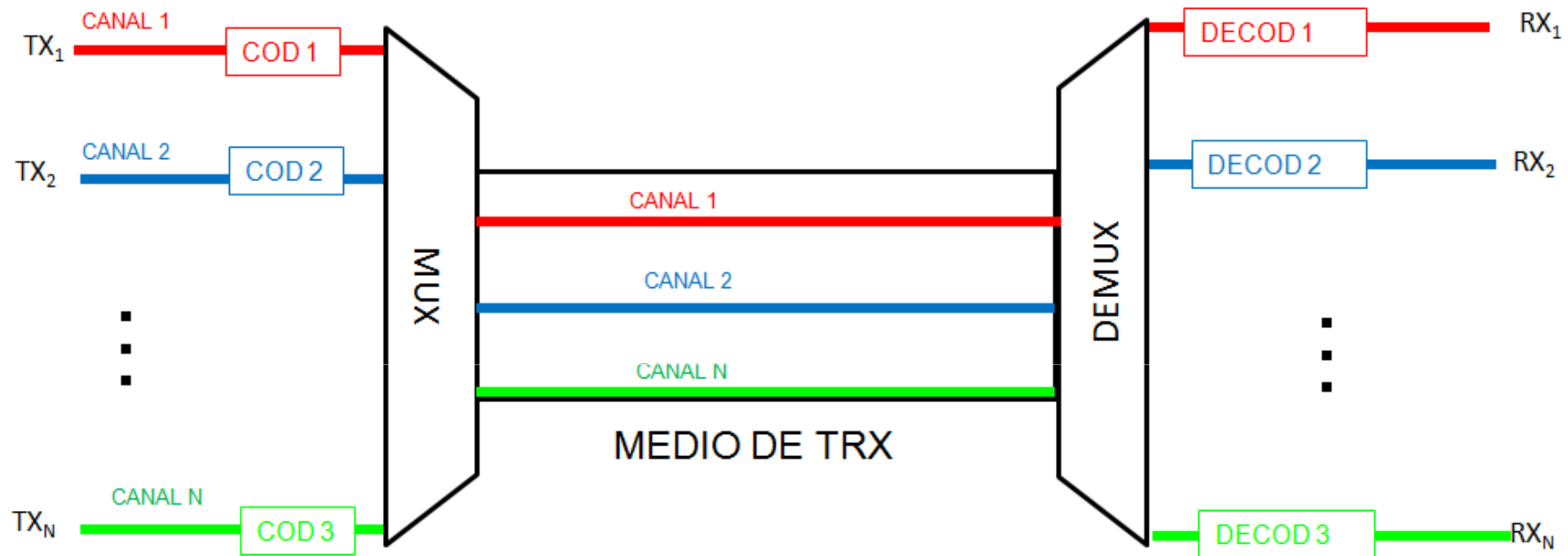
- Ej: BW de TXs en banda base = 1MHz
- BW medio = 10MHz
- BW bandas de guarda = 50kHz



- **Nº máximo de canales** que se pueden multiplexar:

$$1\text{MHz} \times N \text{ canales} + 50\text{kHz} \times (N-1) \text{ bandas guarda} = 10\text{MHz} \Rightarrow \mathbf{N = 9}$$

ESTRUCTURA BÁSICA SISTEMA DE TRANSMISIÓN PUNTO A PUNTO CDM

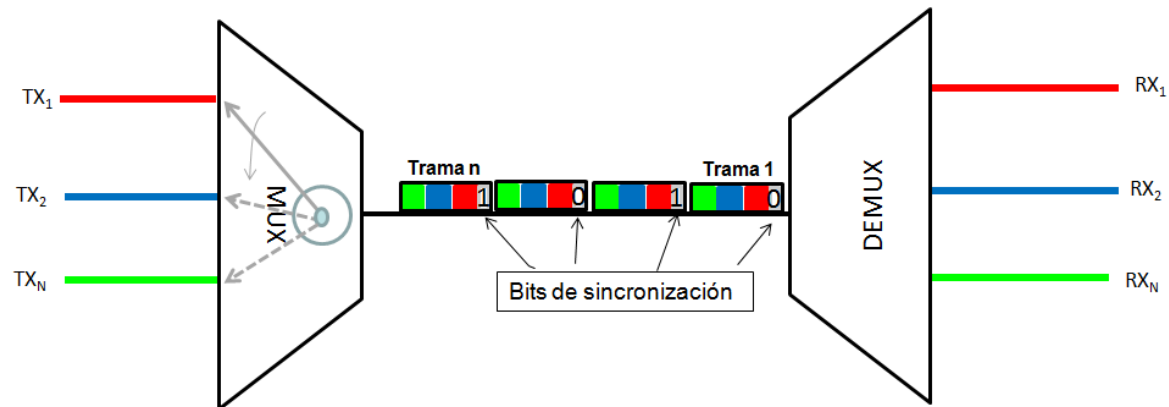


En cada conexión $TX_i - RX_j$:

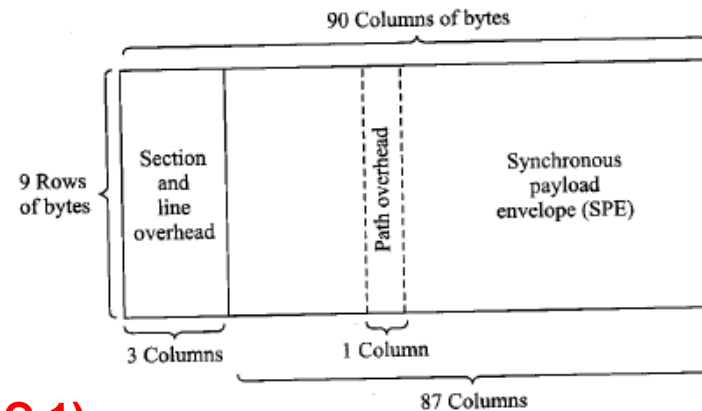
- El emisor tiene asignado un código (secuencia binaria)
- Todos los transmisores pueden enviar información simultáneamente
- En cada receptor se decodifica la información asociada a la conexión establecida por él

SONET /SDH(I)

TDM
síncrona



Estructura básica trama SONET nivel 1 (OC-1)

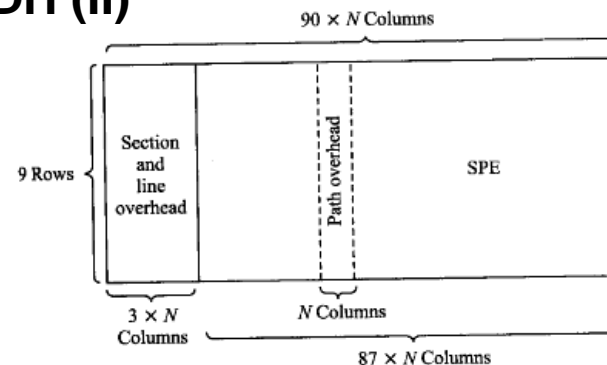


Velocidad de transmisión señal SONET nivel 1 (OC-1)

$$STS-1 = (90 \text{ bytes/row})(9 \text{ rows/frame})(8 \text{ bits/byte}) / (125 \mu\text{s/frame}) = 51.84 \text{ Mb/s}$$

SONET /SDH (II)

Estructura básica trama SONET nivel N (OC-N)



Velocidad de transmisión señal SONET nivel N (OC-N)

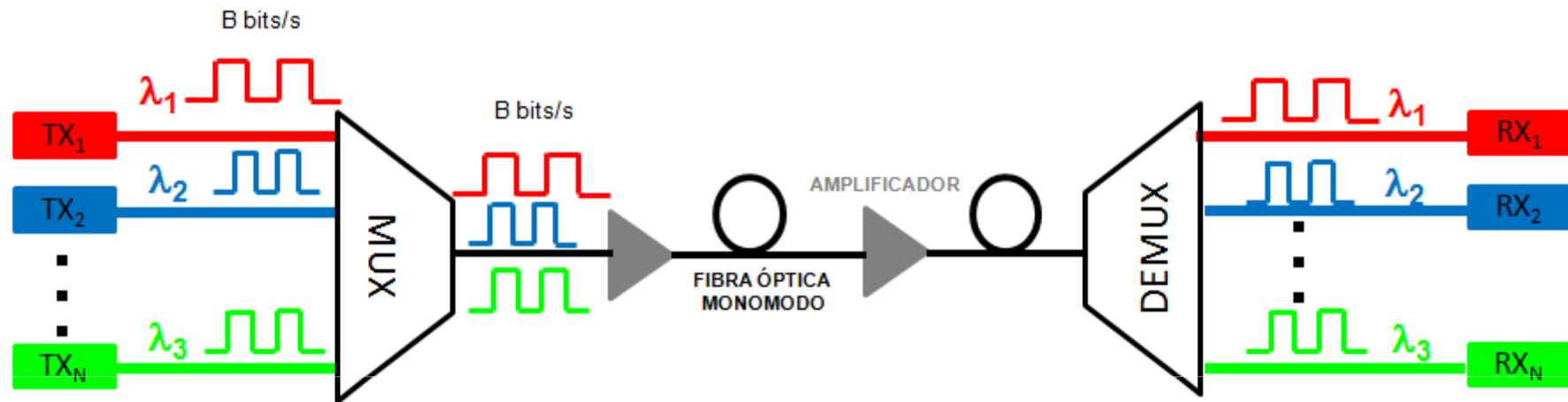
OC: Optical Carrier

STM: Synchronous Transmission Mode

STS: Synchronous Transport Signal

Optical level	Line Rate (Mb/s)	Payload Rate (Mb/s)	Overhead Rate (Mb/s)	SDH Equivalent
OC-1	51.840	50.112	1.728	-
OC-3	155.520	150.336	5.184	STM-1
OC-12	622.080	601.344	20.736	STM-4
OC-48	2488.320	2405.376	82.944	STM-16
OC-192	9953.280	9621.504	331.776	STM-64
OC-768	39813.120	38486.016	1327.104	STM-256

ESTRUCTURA BÁSICA SISTEMA DE TRANSMISIÓN PUNTO A PUNTO WDM



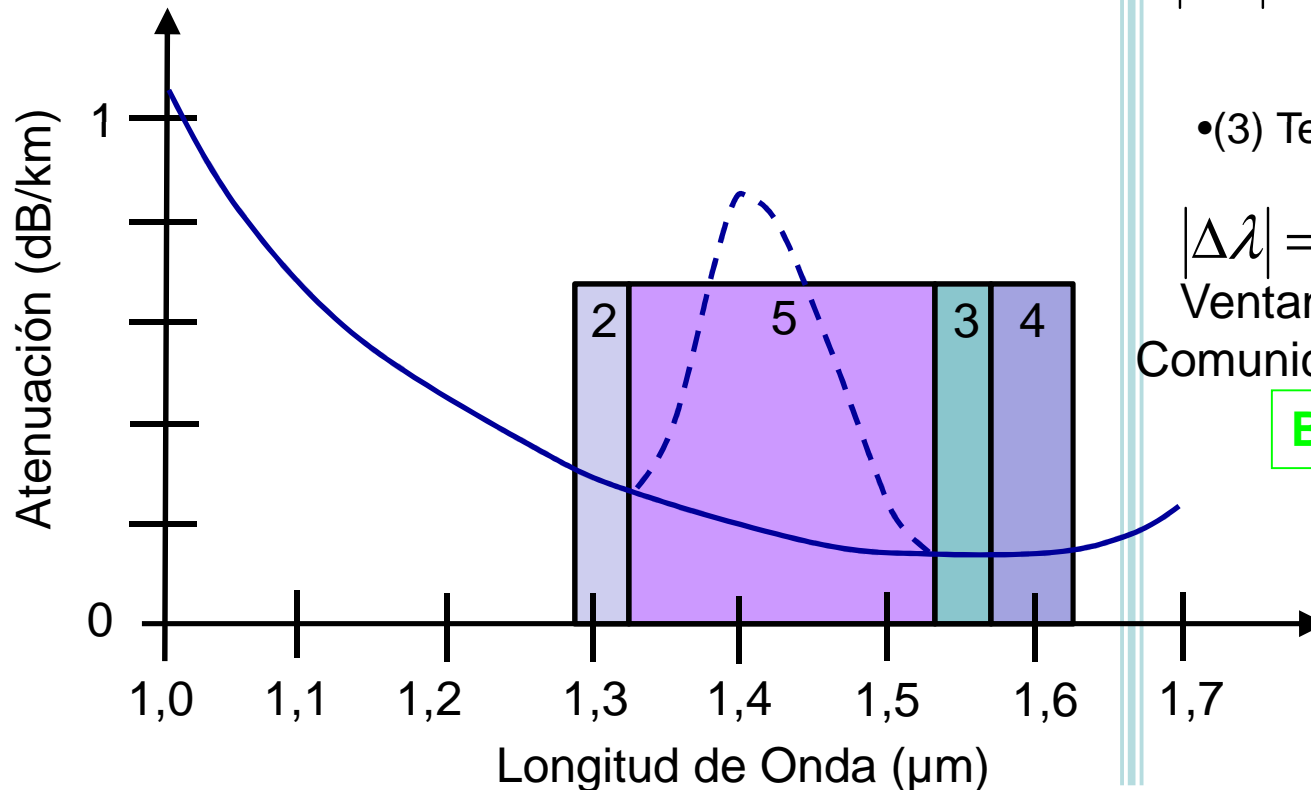
La información asociada a cada λ se transmite como un canal separado, utilizando un medio común para la transmisión (fibra óptica)

Ventajas

- **Incremento capacidad:** Informaciones distintas (canales de transmisión) se transmite de forma simultánea en el mismo medio físico
- **Transparencia:** La información asociada cada canal puede transmitirse con formatos distintos (analógico o digital, síncrono o asíncrono...)
- **Escalabilidad:** Pueden añadirse/ eliminarse canales de transmisión de acuerdo a la demanda
- Realización de **conmutación y rutado** de señales basado en la **longitud de onda** (otra dimensión adicional a espacio y tiempo)

ESPECIFICACIONES CANALES WDM

$$|\Delta f| = \frac{c}{\lambda^2} |\Delta \lambda|$$



- (2) Segunda ventana (1310nm):

$$|\Delta \lambda| = 80nm \Rightarrow |\Delta f| = 14THz$$

- (3) Tercera ventana (1550nm):

$$|\Delta \lambda| = 120nm \Rightarrow |\Delta f| = 15THz$$

Ventanas de
Comunicaciones

$$BW_{FO} \approx 30THz$$

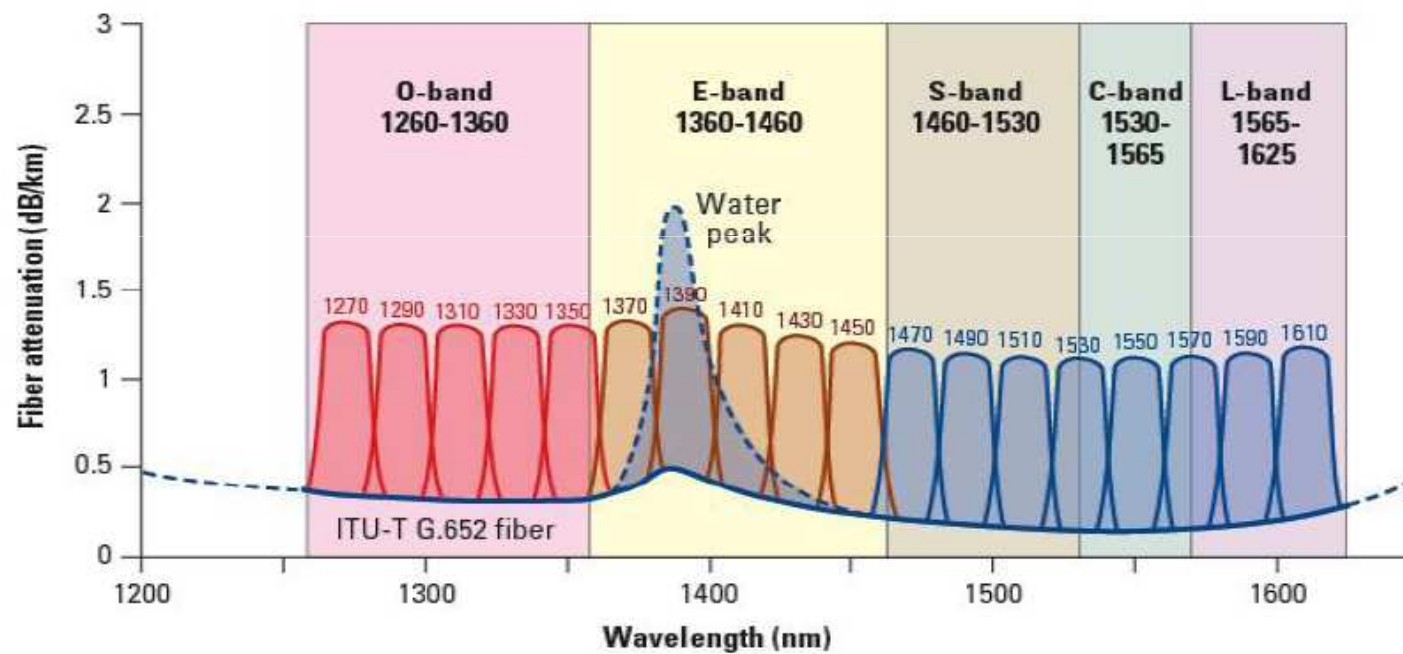


ESPECIFICACIONES (CWDM, DWDM)

Parámetro	CWDM	DWDM
Nº canales /fibra	4-16	32-160
Espaciado entre canales	20 nm (2500 GHz)	0.8-0.4 nm (100-50 GHz)
Capacidad de cada canal	2.5 Gbps	10-40 Gbps
Capacidad total fibra	20-40 Gbps	100 - >1000 Gbps
Tipo de emisor láser	Uncooled DFB	Cooled DFB
Distancia	< 80 km	Centenas- millares km
Coste	Bajo	Medio-Alto
Amplificación óptica	No	EDFA

ESPECIFICACIONES CWDM

CWDM wavelength grid as specified by ITU-T G.694.2

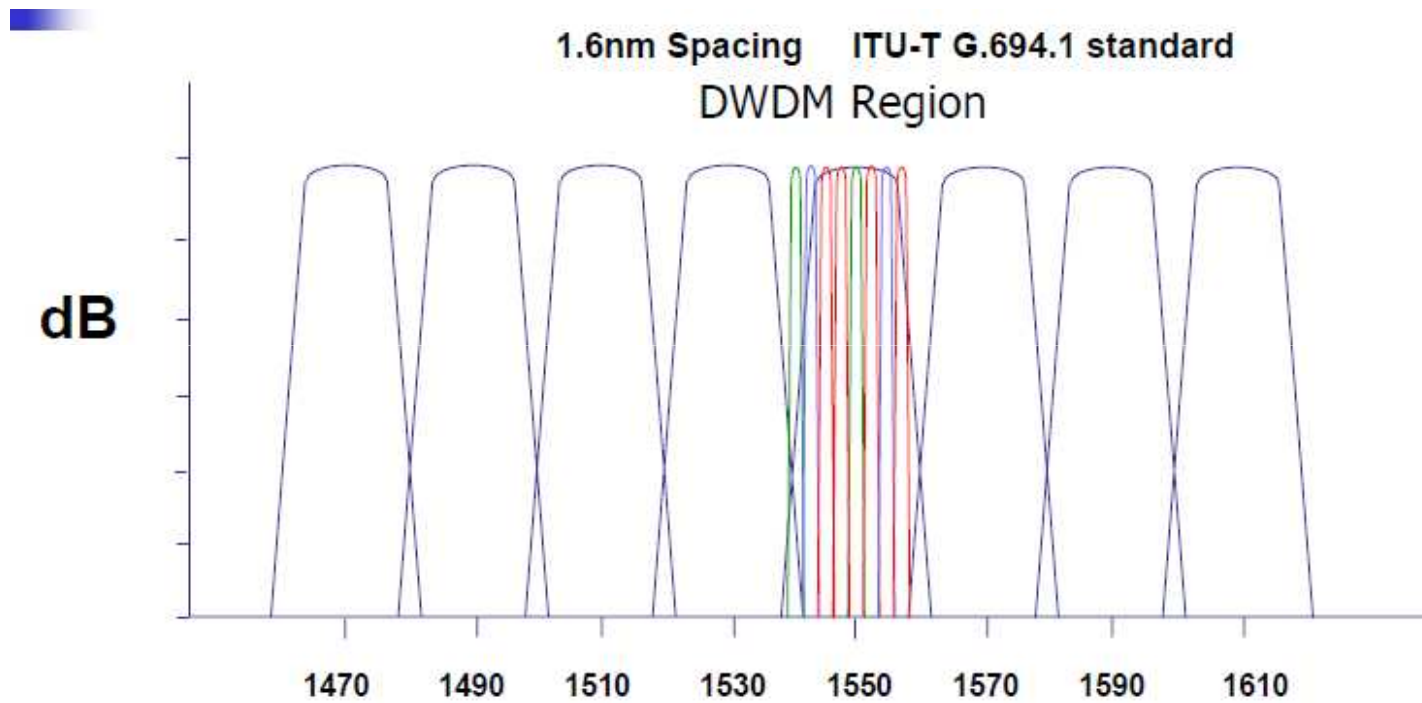


July 2006

Communication Consultants-
 Fargo, ND



ESPECIFICACIONES DWDM



Wavelength

CWDM 20nm channel spacing

Communication Consultants-
Fargo, ND

July 2006

PARÁMETROS WDM

- Pérdidas de inserción
- Uniformidad de pérdidas de inserción
- Uniformidad banda de paso
- Crosstalk

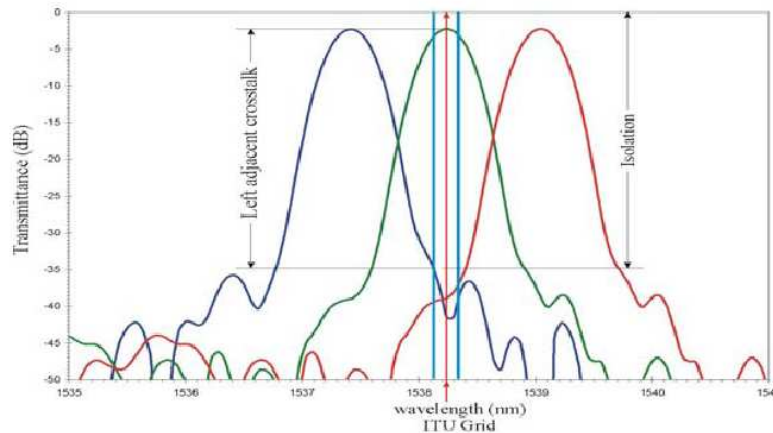
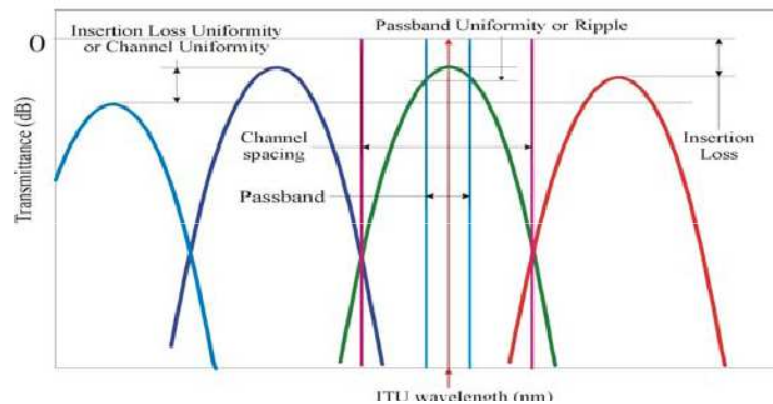
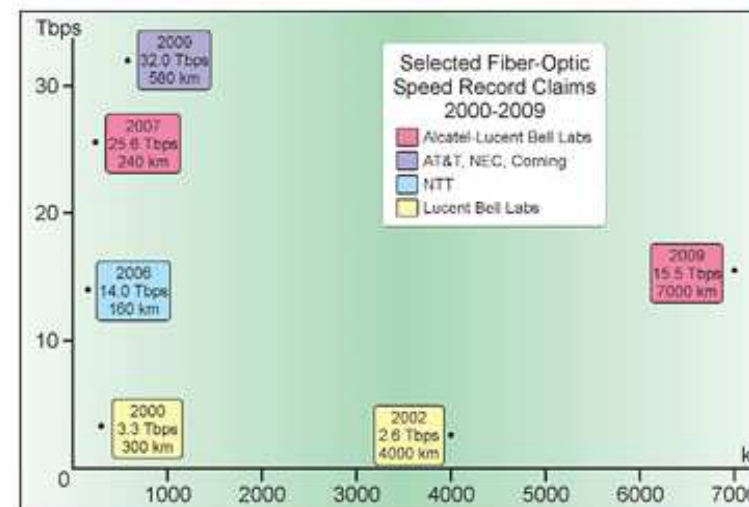
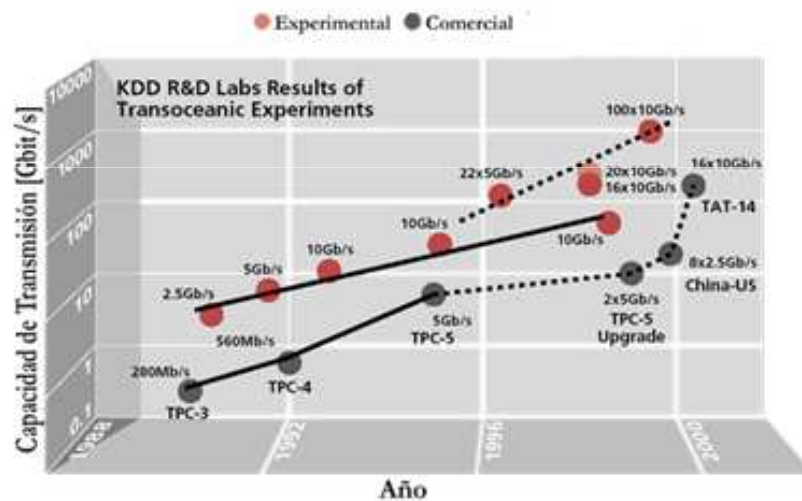


Table 1. Typical values for MUX/DMUX Parameters

Parameter	(Unit)	Value
Passband width	(GHz) or (nm)	25 or 0.8
Passband uniformity	(dB)	1.5
Insertion loss and uniformity	(dB)	5 and 1.5
PDL	(dB)	0.5
Adjacent and non-adjacent crosstalk	(dB)	25 and 30
Integrated average crosstalk	(dB)	20
Return loss	(dB)	45
Directivity	(dB)	50
Chromatic dispersion	(ps/nm)	10
Differential group delay	(ps)	0.5

EVOLUCIÓN WDM

- Incremento en las capacidades de enlaces interoceánicos.



Fuente: Lucent Technologies