

# MULTIPLEXACIÓN

Redes de Datos I



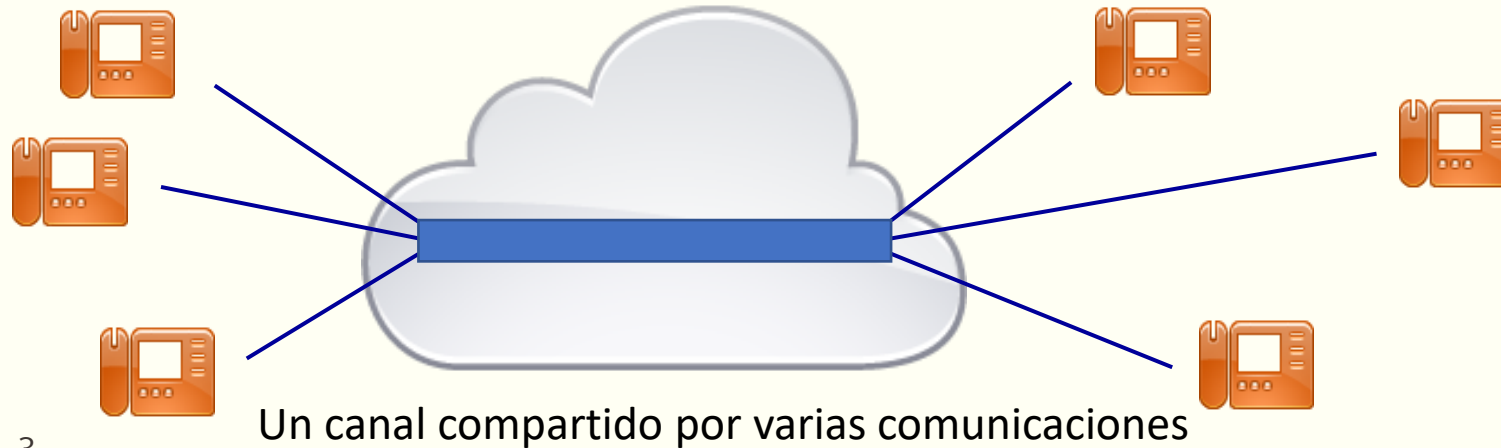
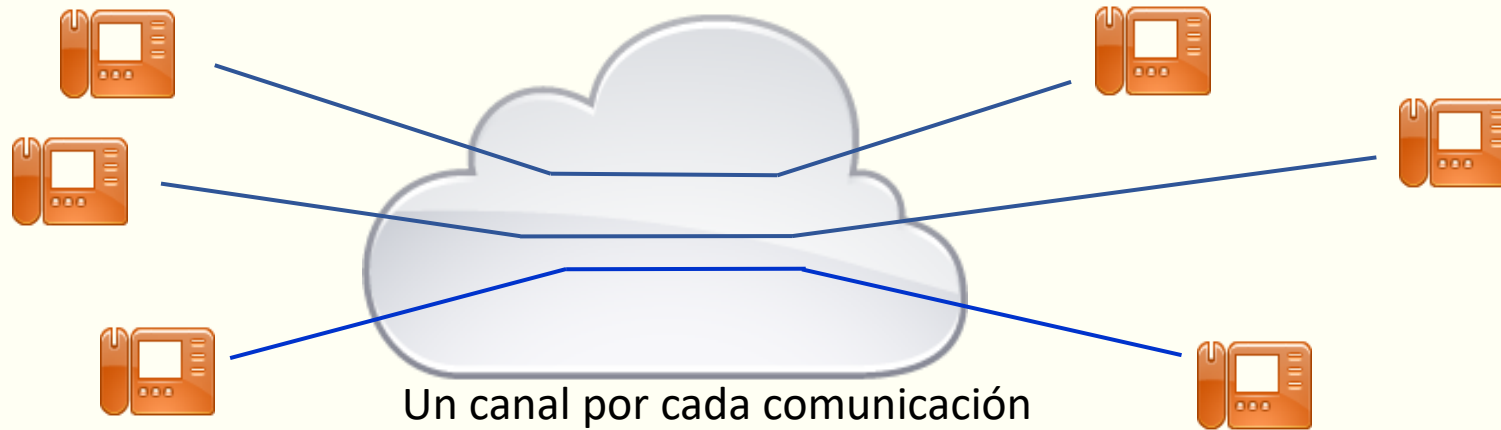
FACULTAD DE INGENIERÍA  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA

# MULTIPLEXACIÓN

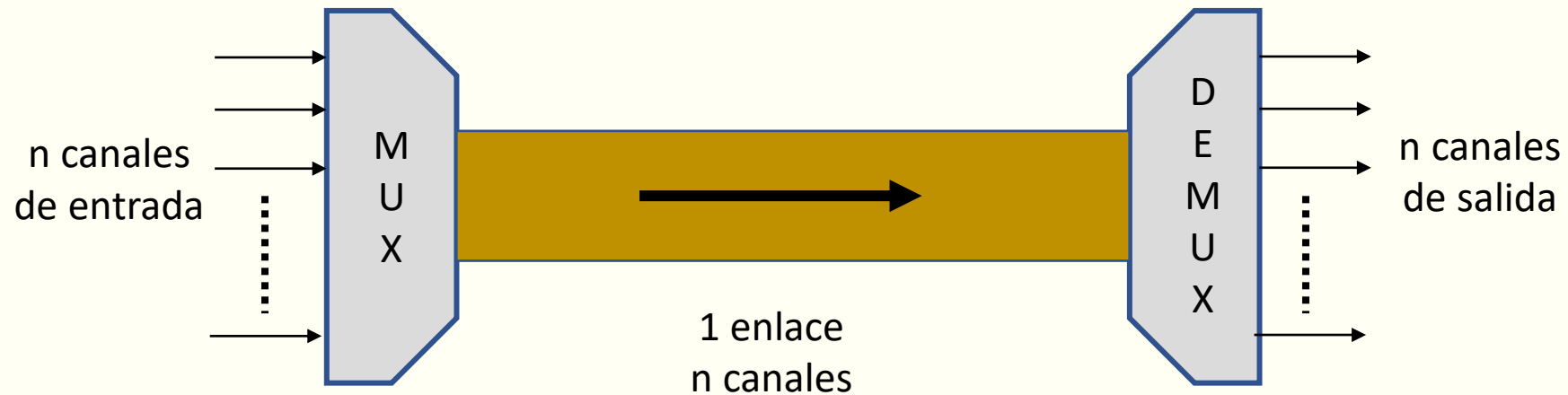
- Principios de multiplexación
- Multiplexación en el tiempo
- Multiplexación en frecuencia
- Multiplexación en longitud de onda

# Principios de multiplexación

---



# Principios de multiplexación



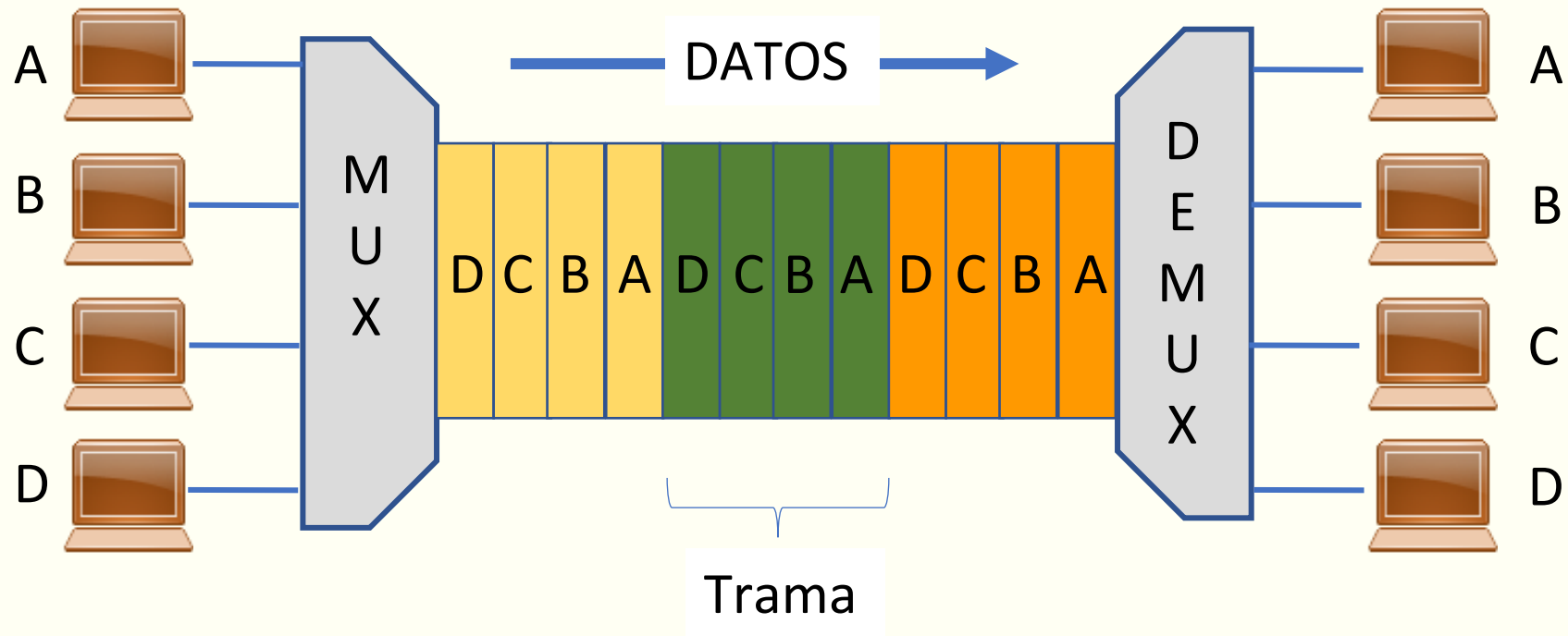
MUX: Multiplexor  
DEMUX: Demultiplexor

La multiplexación es la combinación de dos o más canales de información en un solo medio de transmisión usando un dispositivo llamado multiplexor. El proceso inverso es la demultiplexación

# MULTIPLEXACIÓN

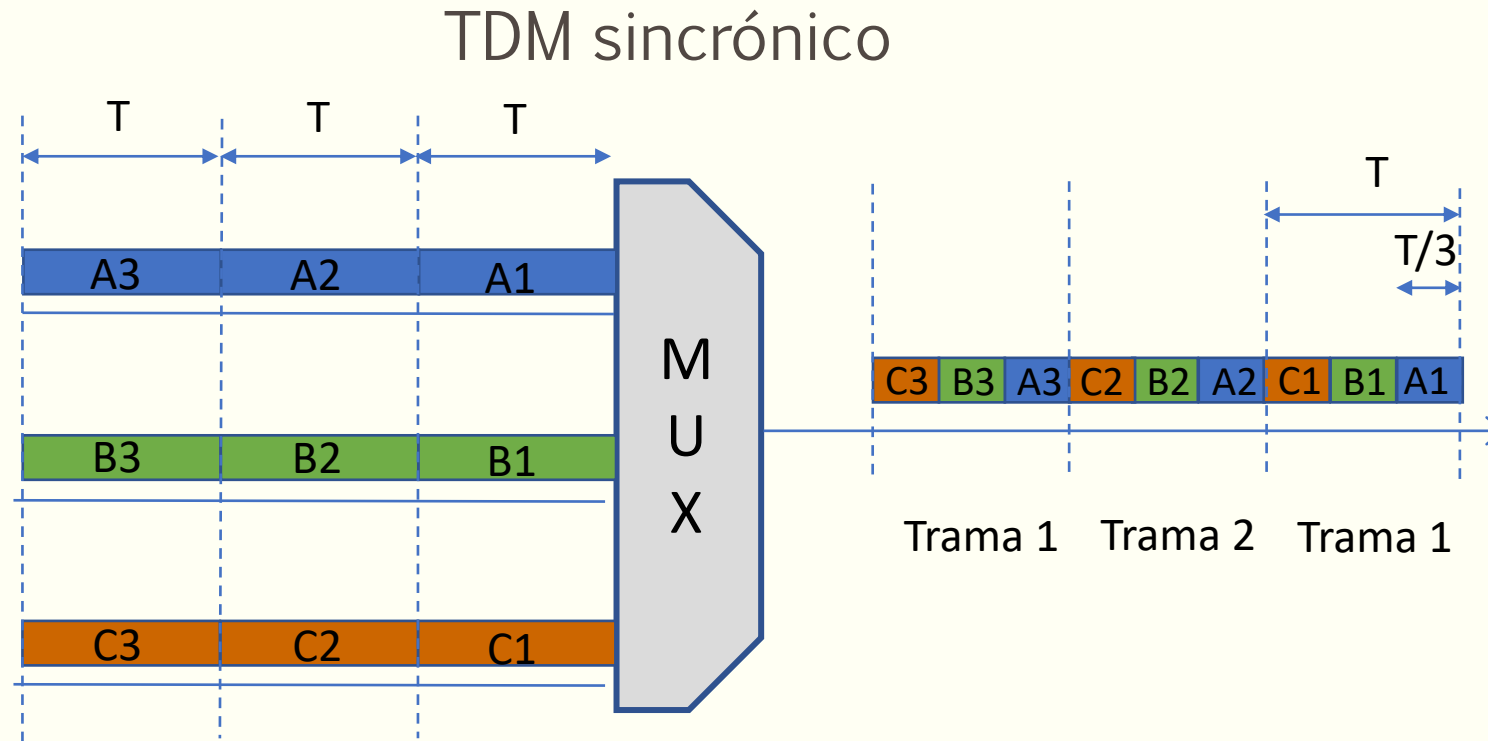
- Principios de multiplexación
- **Multiplexación en el tiempo**
- Multiplexación en frecuencia
- Multiplexación en longitud de onda

# Multiplexación en el tiempo



TDM es una técnica de multiplexación en donde el canal se comparte asignando ranuras de tiempo a cada fuente

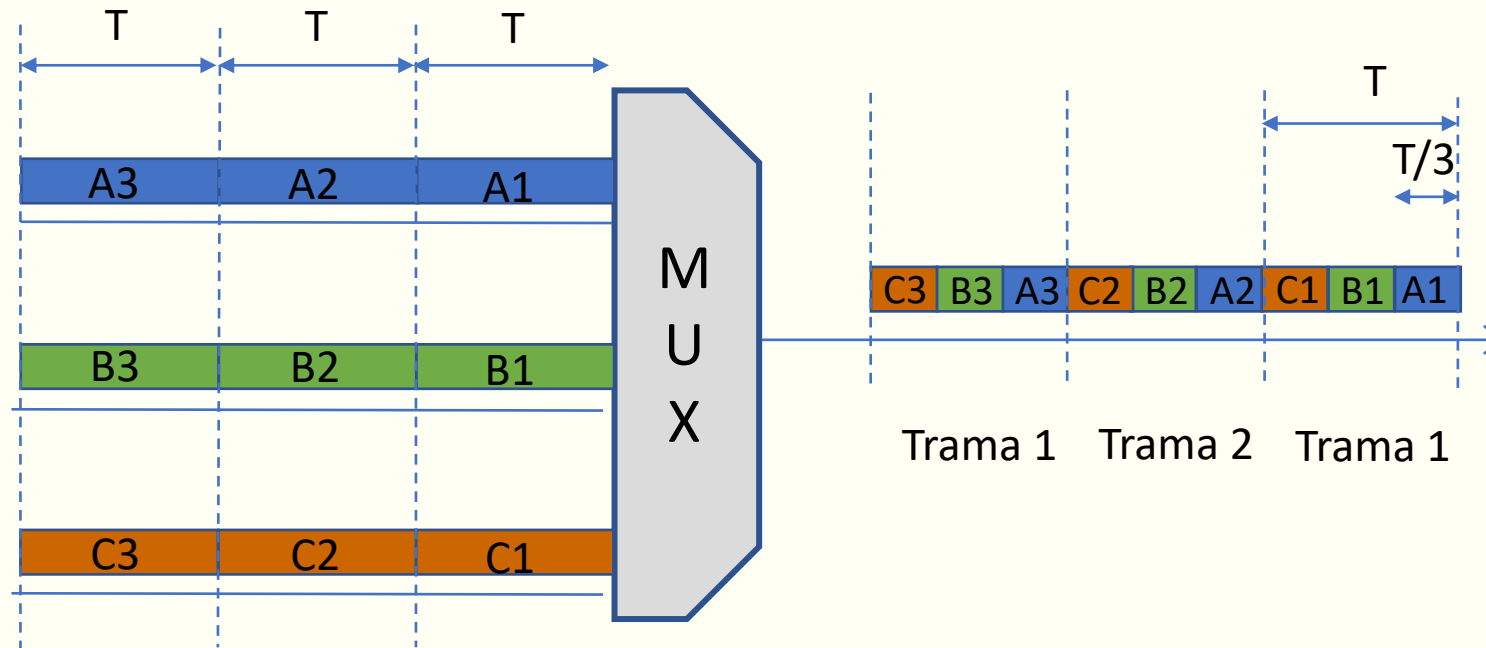
# Multiplexación en el tiempo



Cada canal de entrada tiene asignado una ranura de tiempo.  
La velocidad del canal de salida es  $n$  veces la máxima velocidad del canal de entrada.  
Pierde eficiencia si no todos los canales de entrada transmiten continuamente.

# Multiplexación en el tiempo

## TDM sincrónico



Ejercicio:

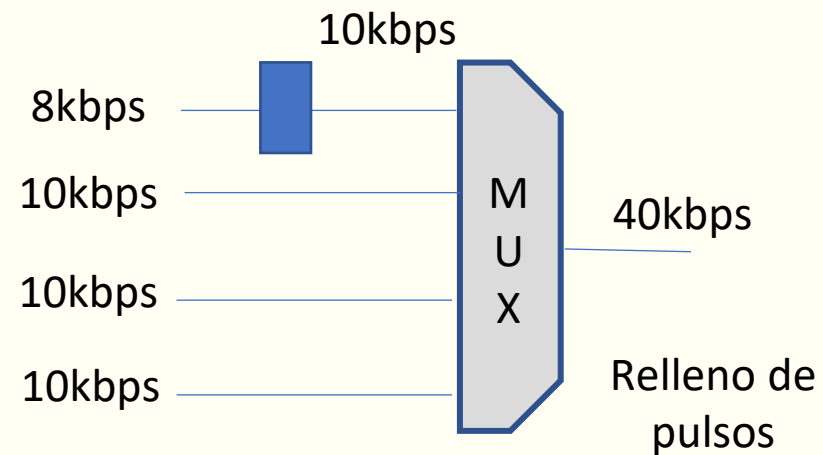
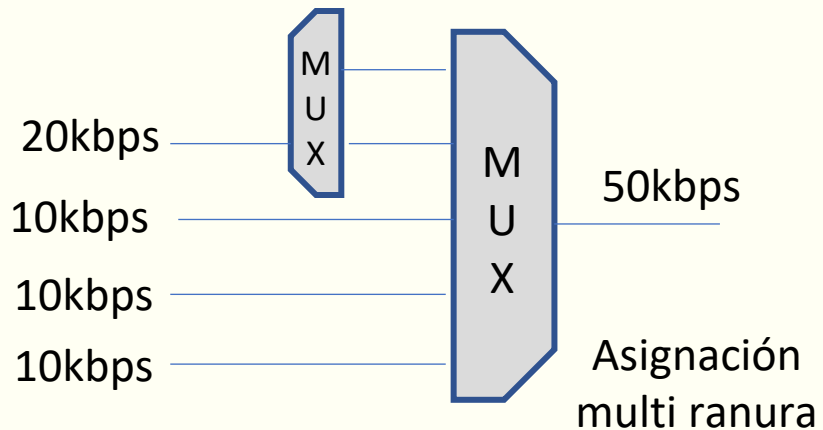
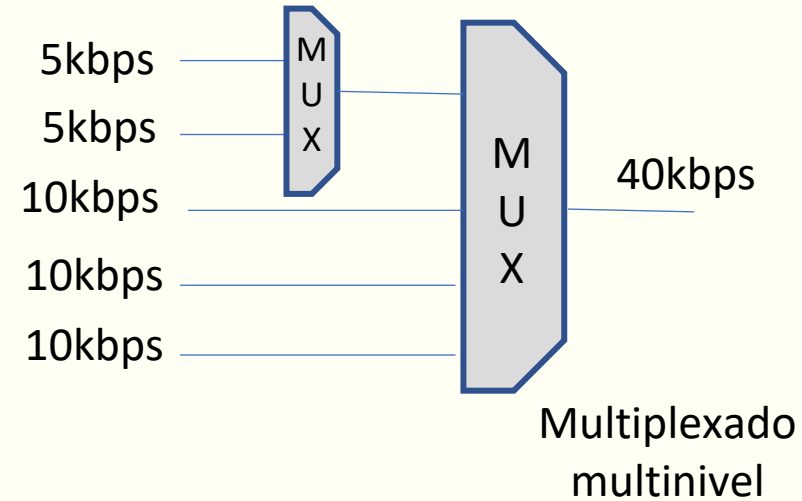
Hay 5 canales para multiplexar. Cada uno transmite a 1kbps. Calcular:

- El tiempo de cada ranura de los canales antes de multiplexar
- El tiempo de cada ranura del canal multiplexado
- El tiempo de cada trama transmitida
- La velocidad del canal a la salida del multiplexor



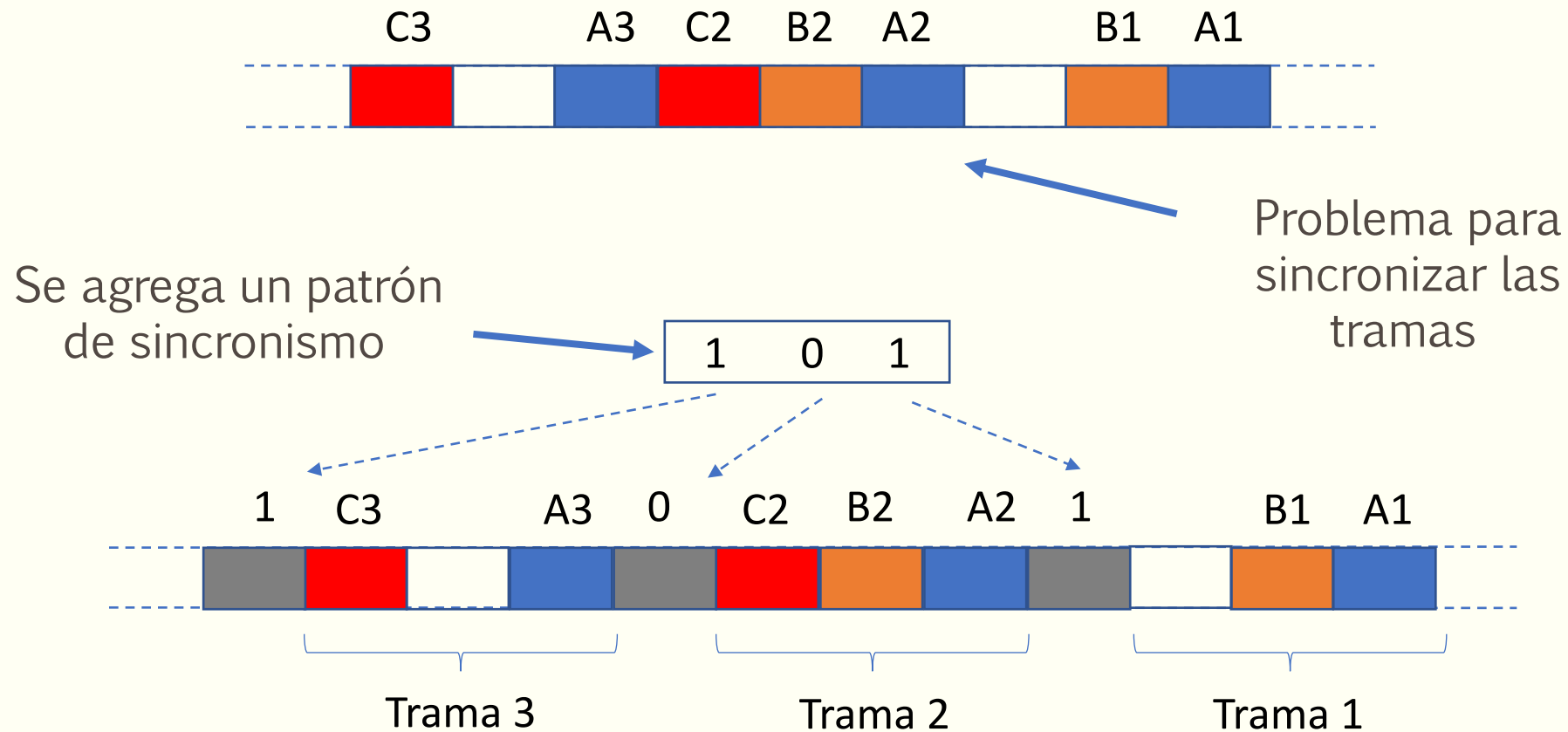
# Multiplexación en el tiempo

Técnicas para  
multiplexar canales  
con diferentes  
velocidades



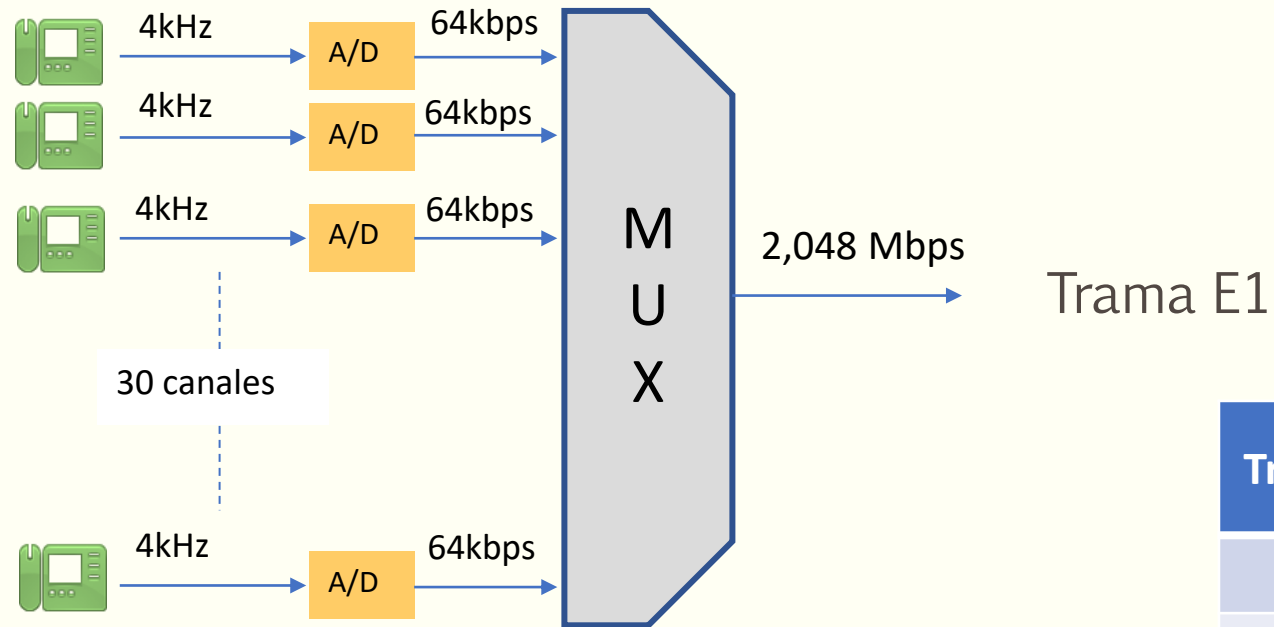
# Multiplexación en el tiempo

## TDM Sincrónico: sincronización



# Multiplexación en el tiempo

## TDM Sincrónico: jerarquía digital



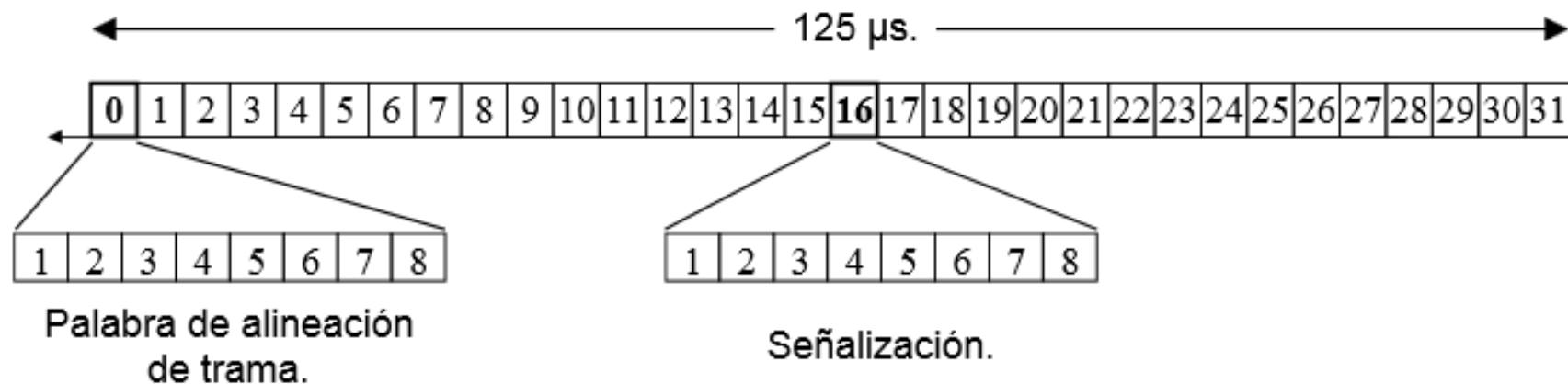
E-x es la versión europea. La versión americana (T-x) es análoga, pero difiere en las cantidades de canales agrupados.

Trama E	Velocidad (Mbps)	Canales
E1	2,048	30
E2	8,448	120
E3	34,368	480
E4	139,264	1.920

# Multiplexación en el tiempo

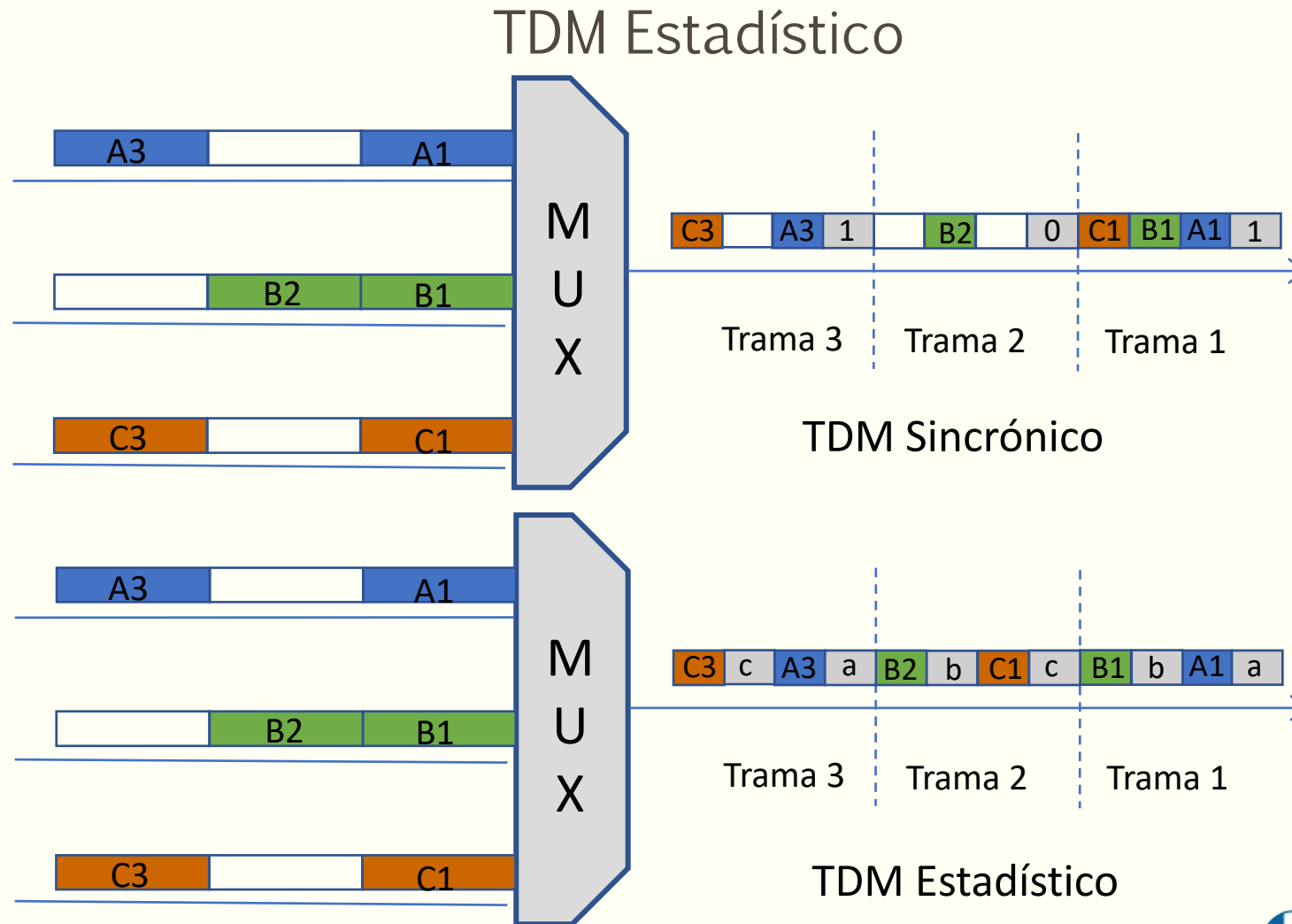
## TDM Sincrónico: jerarquía digital

- ◆ Estandar de TDM: ITU-T G.704.
- ◆ Multiplexación de 32 señales de 64 kbit/s en una señal de 2.048 kbit/s (2M).



- ◆ Trama de 2M: 32 time-slots o intervalos de tiempo. Cada intervalo de tiempo: 8 bits. Entrelazado de bytes.

# Multiplexación en el tiempo



# Multiplexación en el tiempo

---

## TDM Estadístico

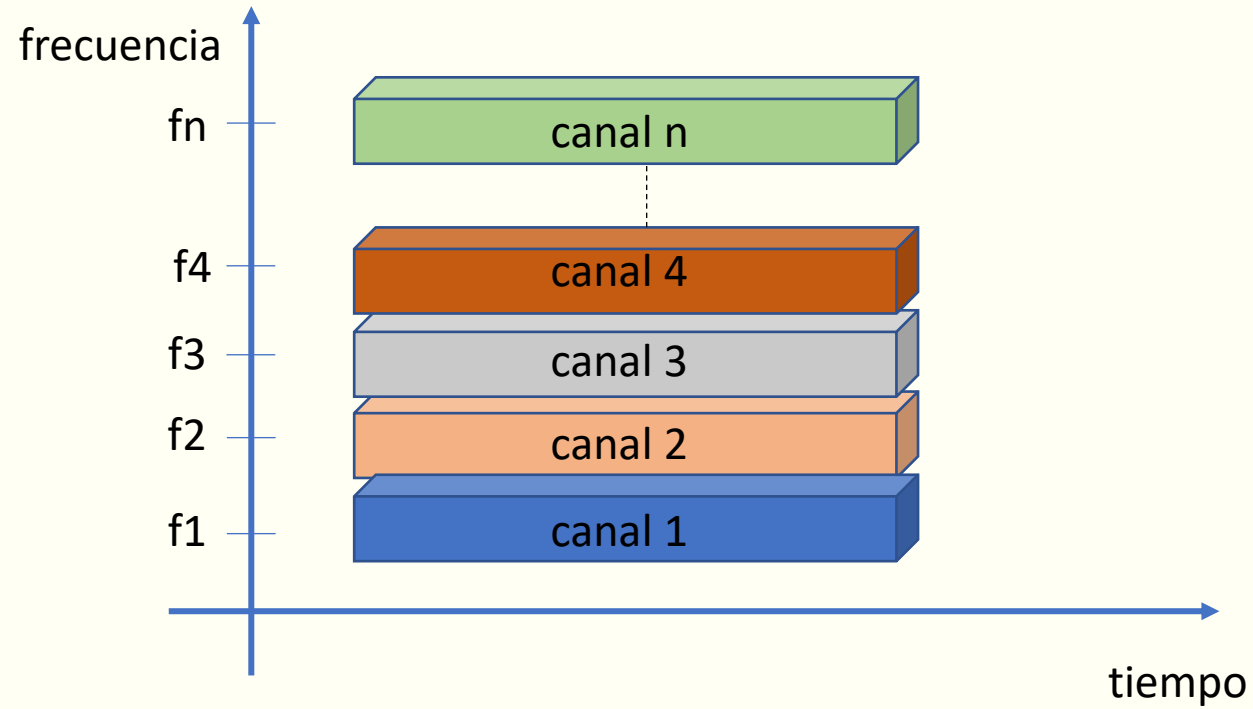
- **Direccionamiento:** no hay ranuras reservadas o preasignadas. Se debe incluir la dirección a la que corresponde cada ranura. Por ejemplo, si son 8 canales, se necesitan 3 bits de direccionamiento.
- **Tamaño de la ranura:** se debe mantener la eficiencia entre el tamaño de la dirección y la del campo de los datos. Es deseable que el campo de datos sea mucho mayor que el de direccionamiento.
- **No es necesario patrón de sincronismo.**
- **Ancho de banda:** La capacidad del canal es normalmente menor a la suma de las capacidades de los canales de entrada.

# MULTIPLEXACIÓN

- Principios de multiplexación
- Multiplexación en el tiempo
- **Multiplexación en frecuencia**
- Multiplexación en longitud de onda

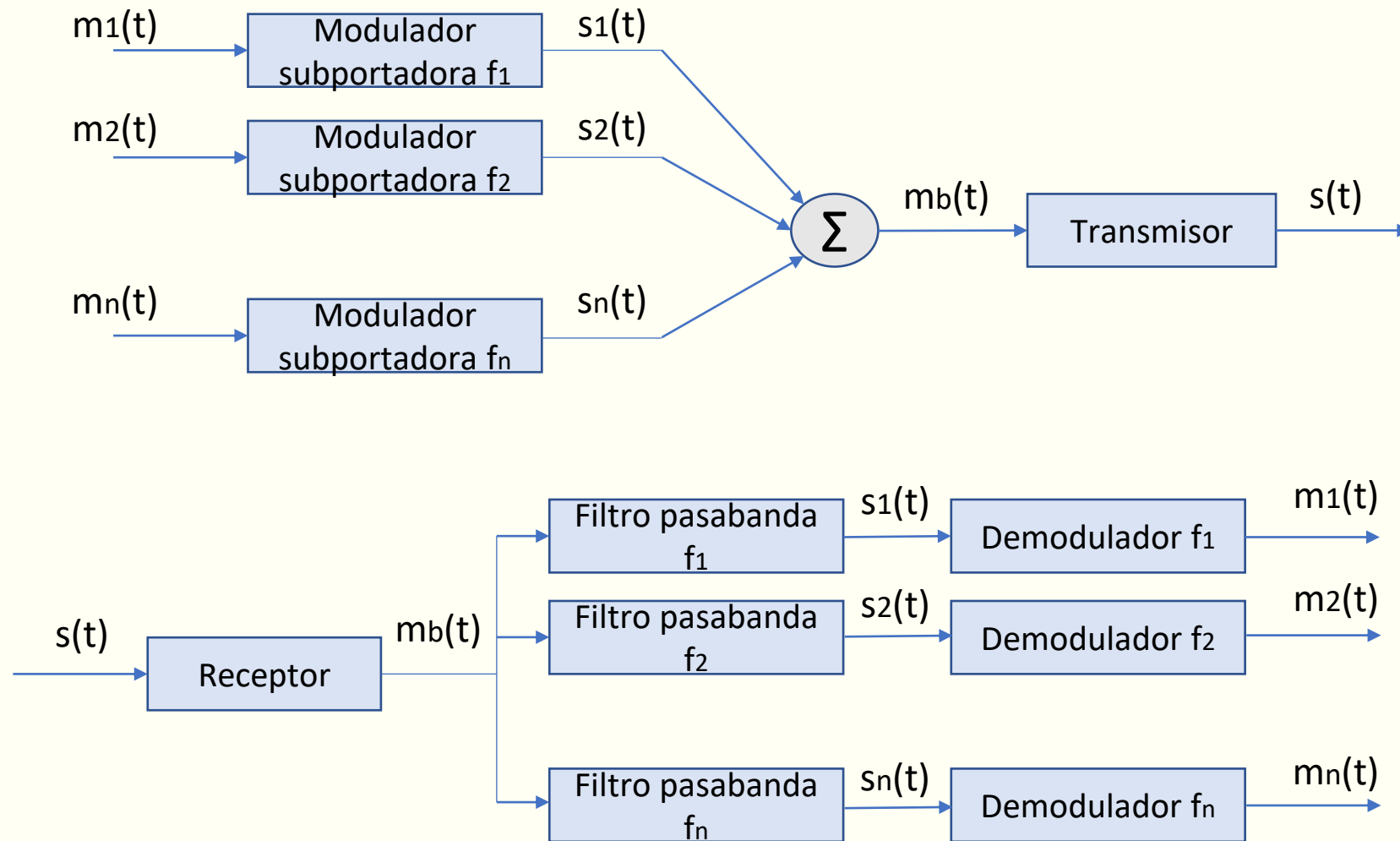
# Multiplexación de frecuencia

---

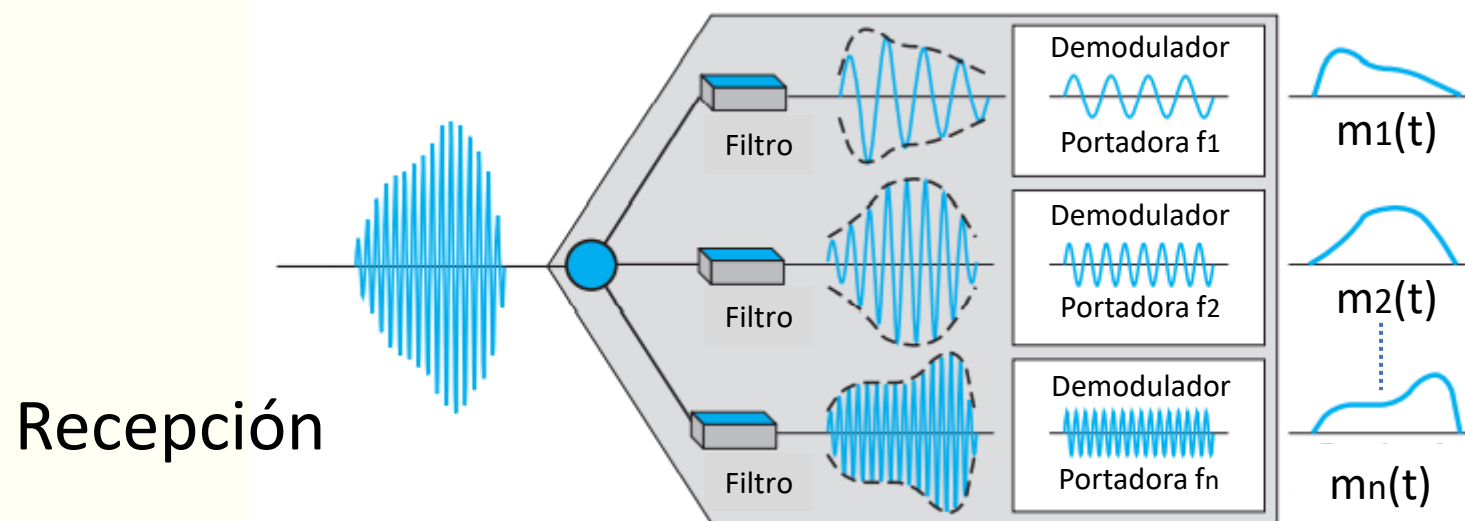
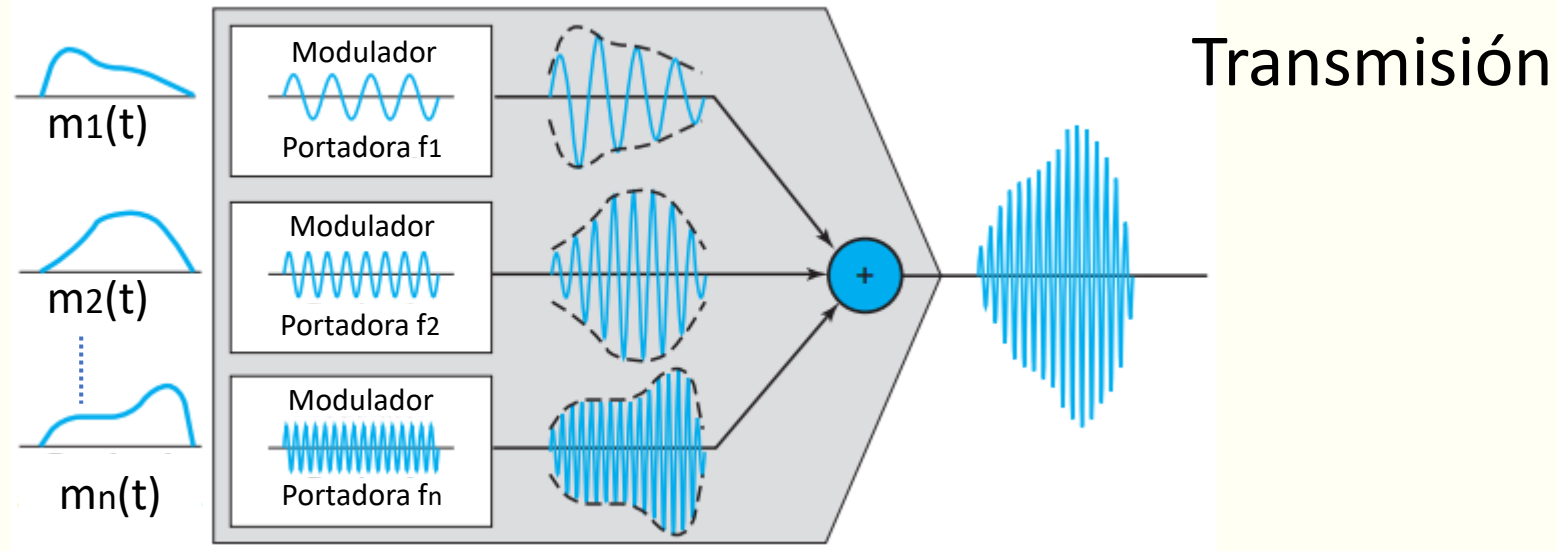




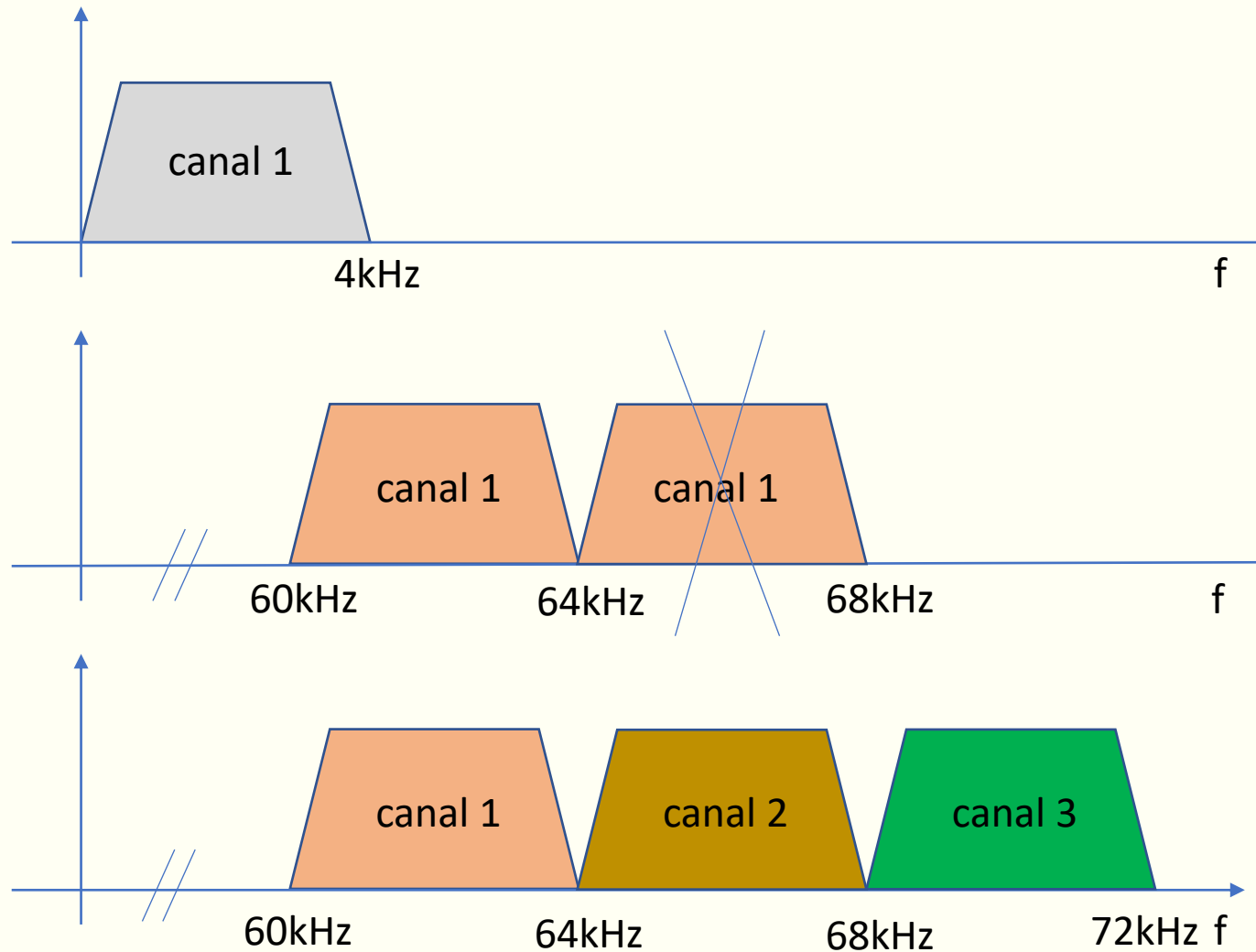
# Multiplexación de frecuencia



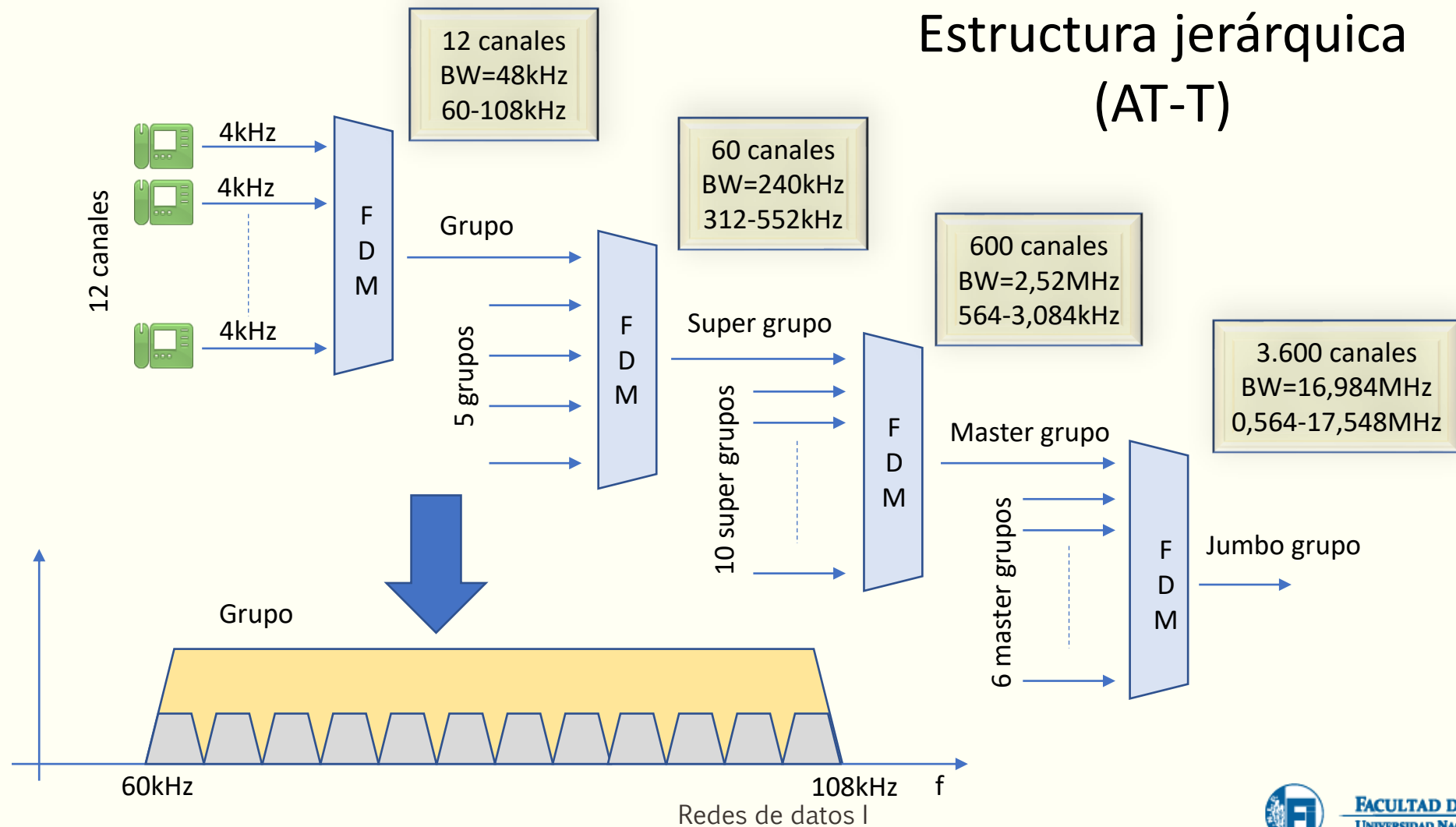
# Multiplexación de frecuencia



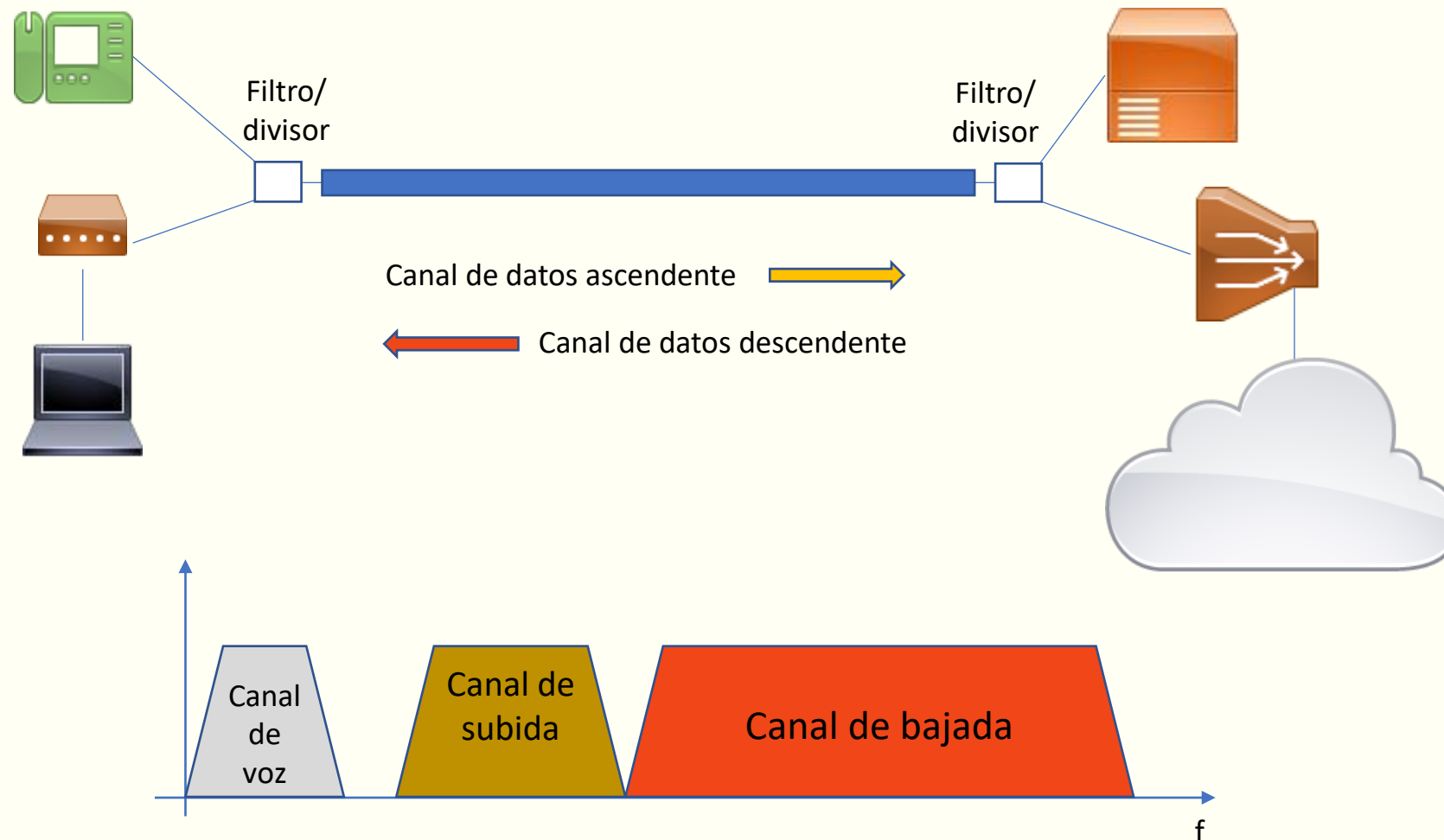
# Multiplexación de frecuencia



# Multiplexación de frecuencia

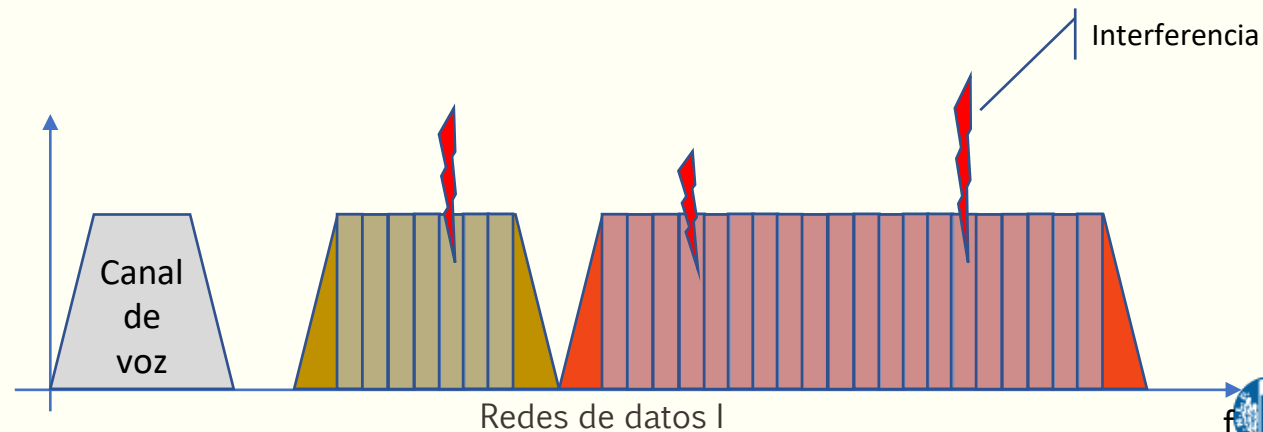
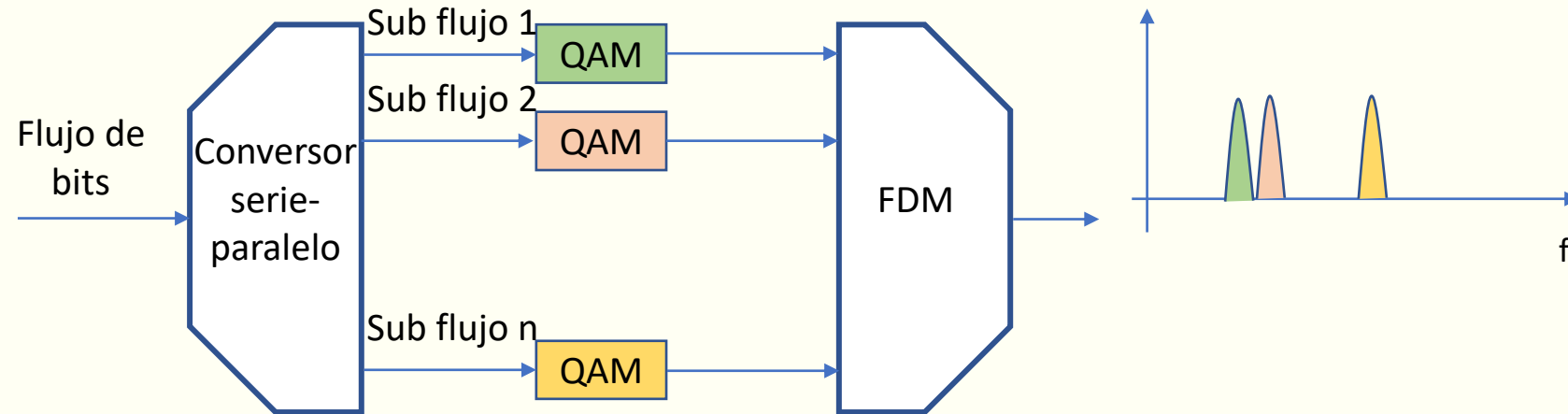


# Multiplexación de frecuencia - ADSL



# Multiplexación de frecuencia - ADSL

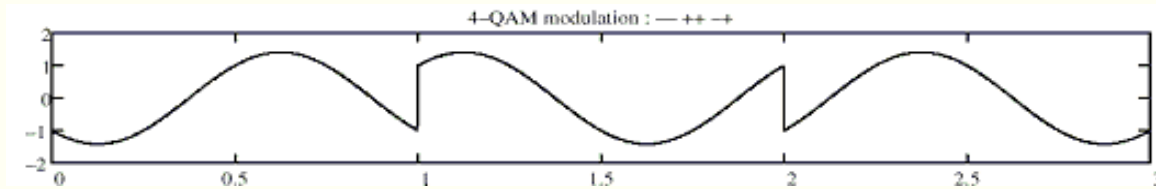
## DMT: Discrete Multi Tone



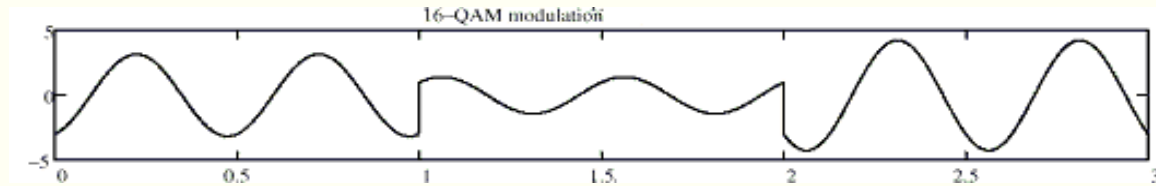
# Multiplexación de frecuencia - ADSL

## DMT: Ejemplo

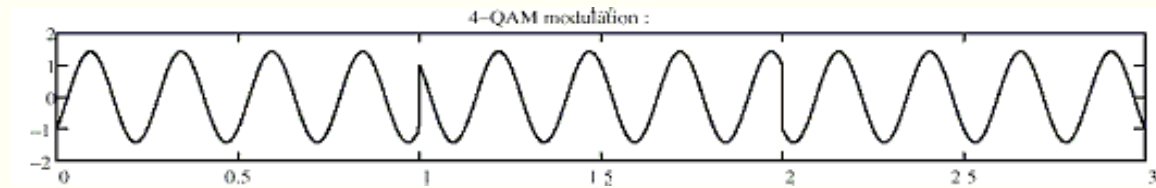
QAM-4 f1



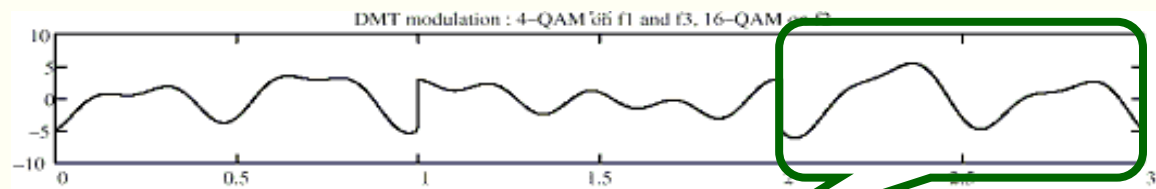
QAM-16f2



QAM-4 f3

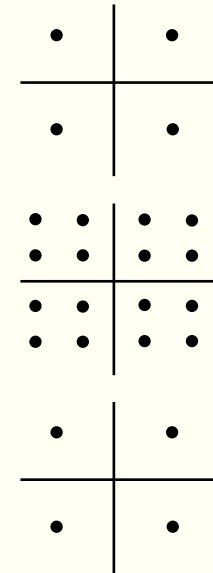


$\Sigma = \text{DMT}$



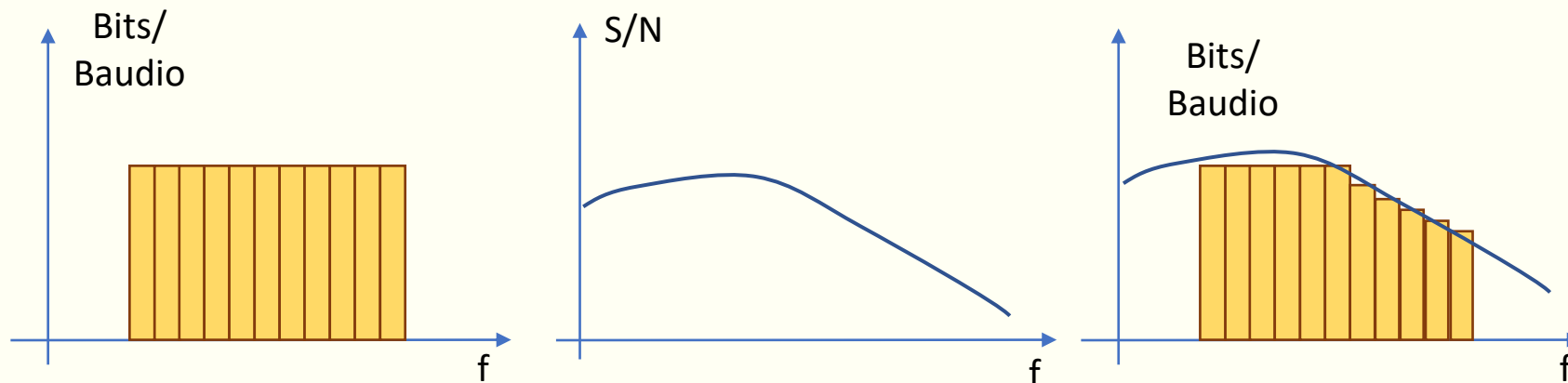
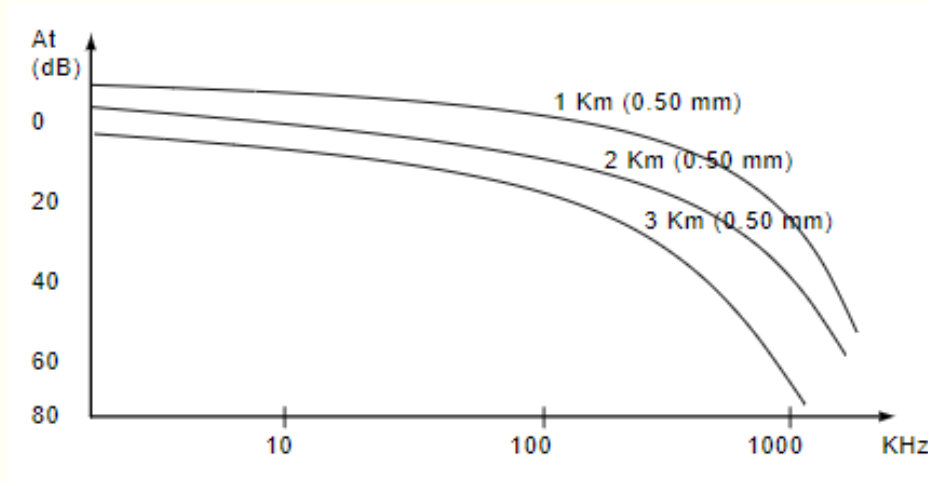
$T_s$  (Symbol Time)

1 Símbolo DMT



# Multiplexación de frecuencia - ADSL

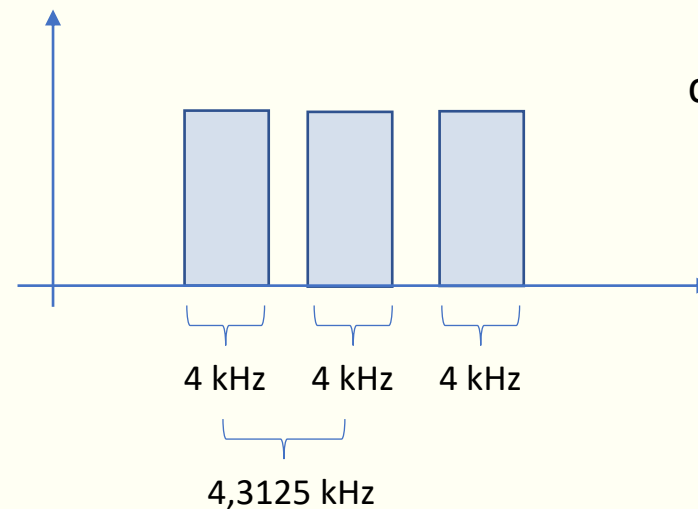
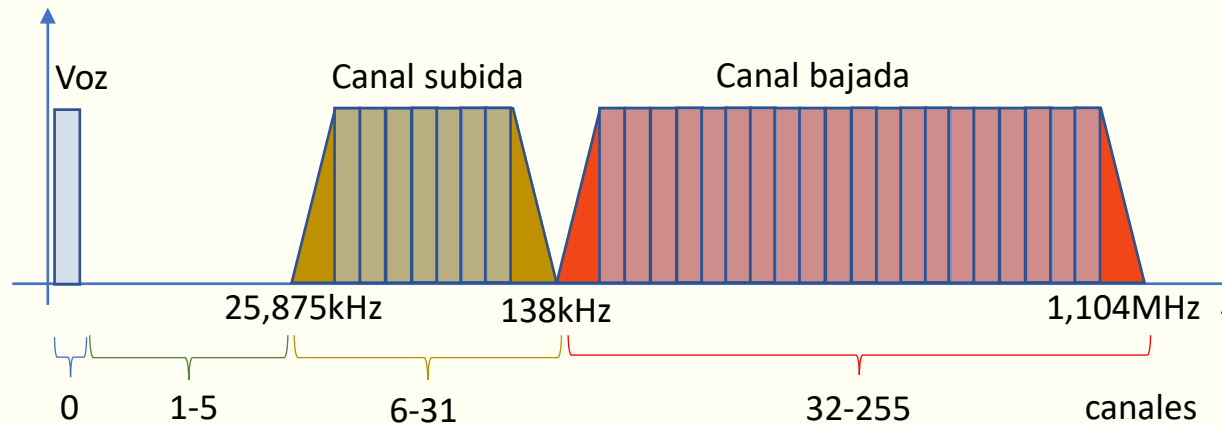
Atenuación de  
un cable  
teléfónico



La cantidad de Bits/Baudios se determina de acuerdo a la calidad de cada canal

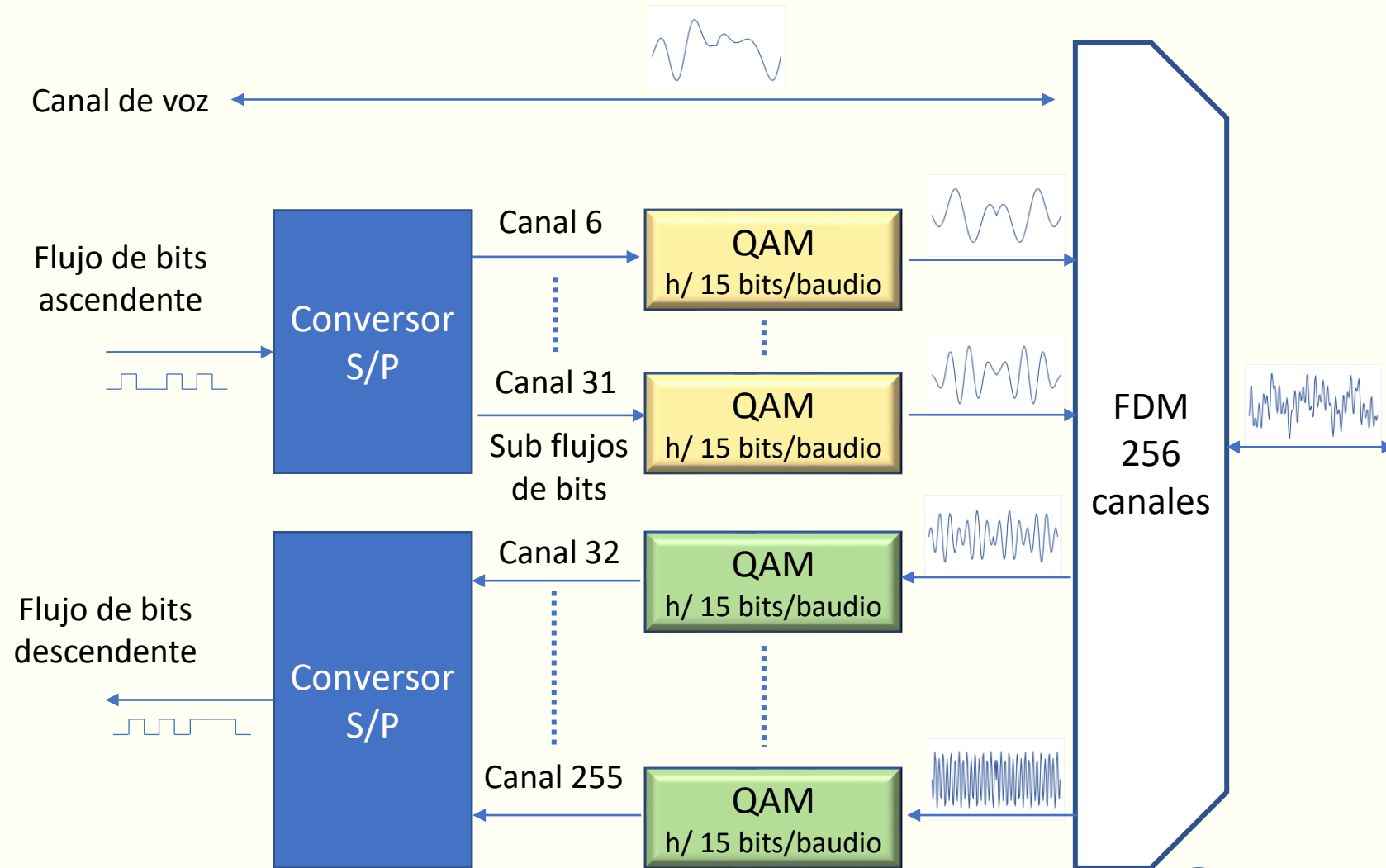


# Multiplexación de frecuencia - ADSL



Se divide el espectro en 256 canales, separados entre sí por 4,3125 kHz.  
Cada canal se modula con QAM, a 4ksymb/s

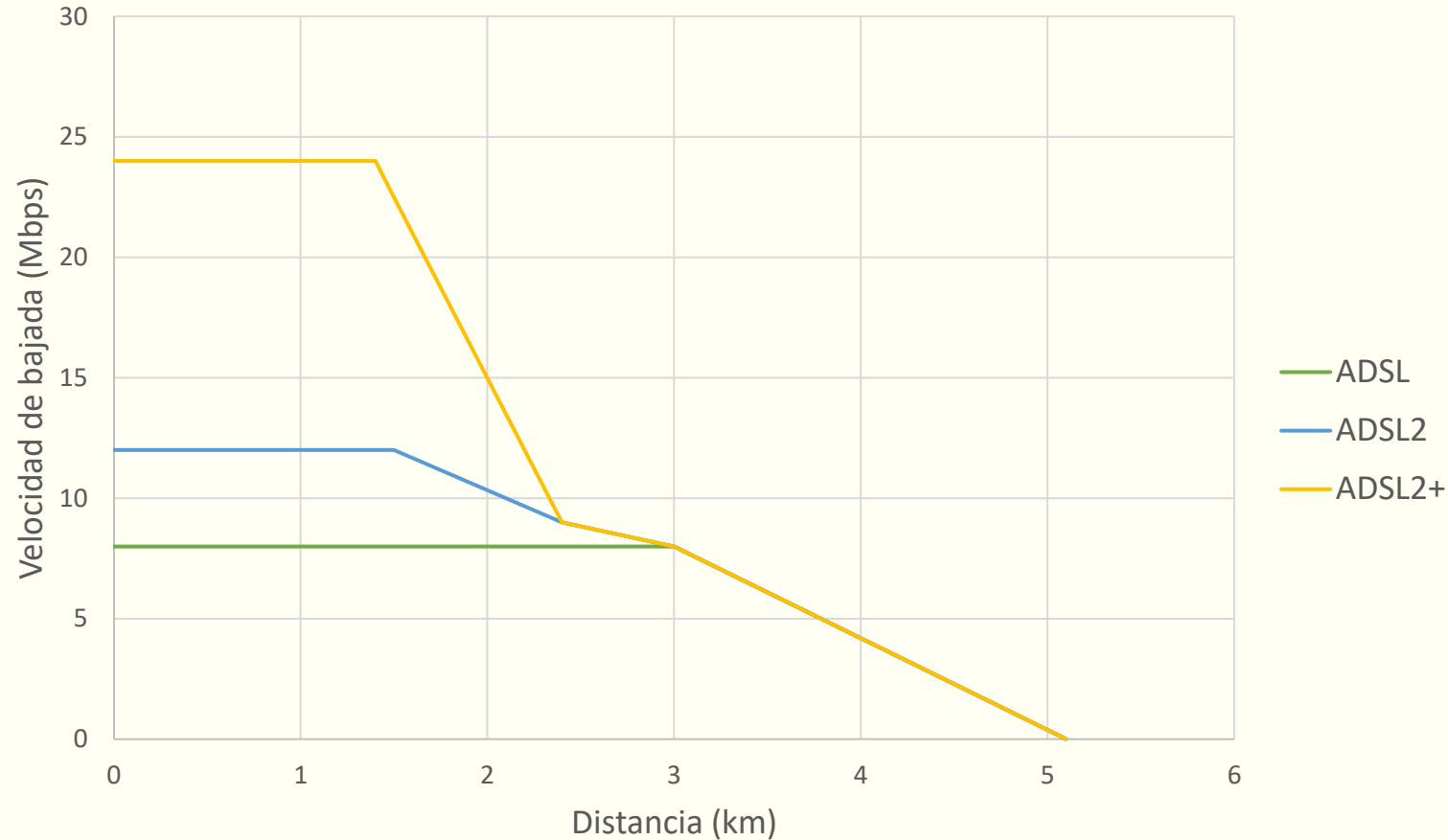
# Multiplexación de frecuencia - ADSL



# Multiplexación de frecuencia - ADSL

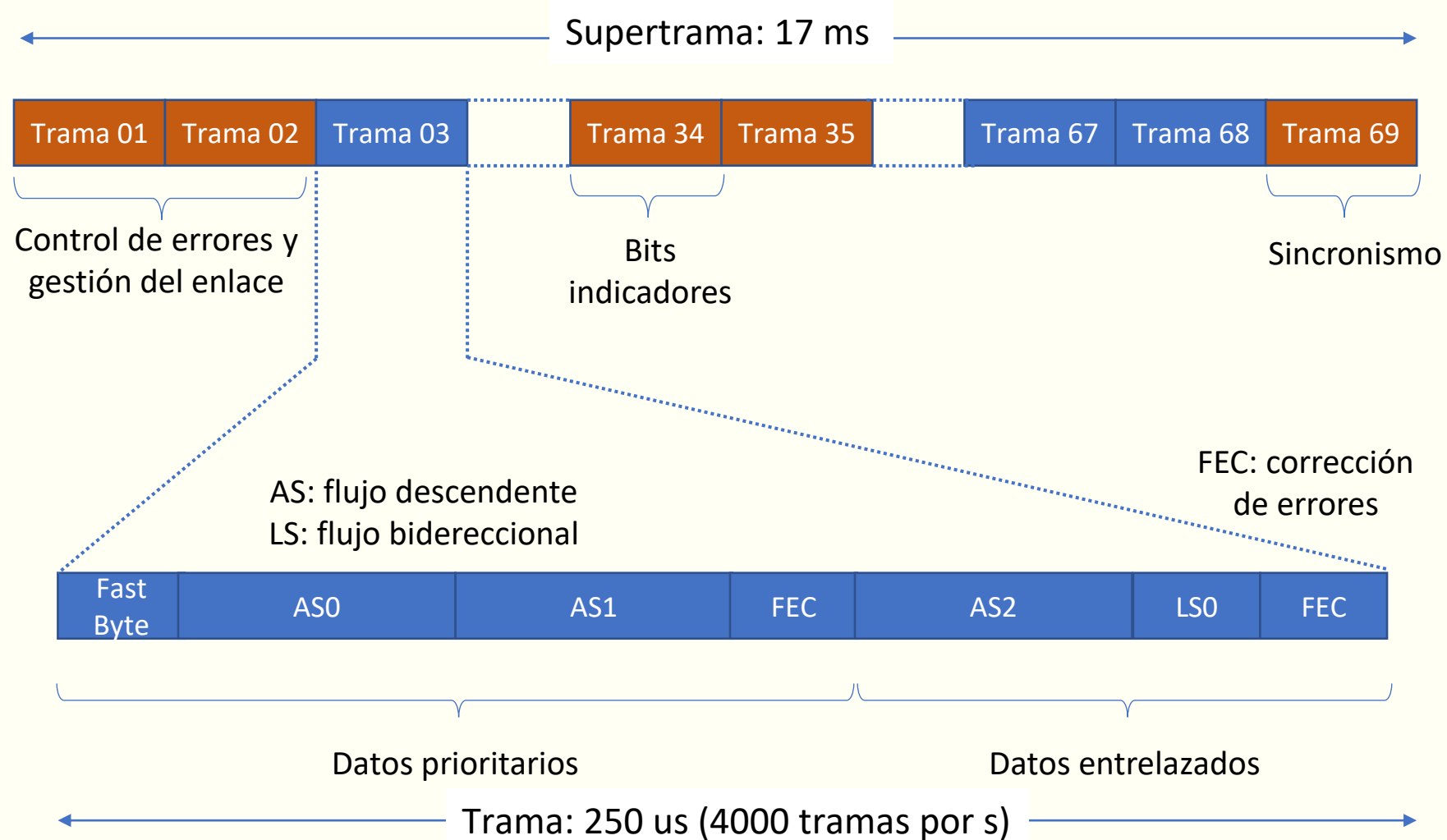
Nombre	Standard	Velocidad de bajada	Velocidad de subida	Año
ADSL	ANSI T1.413 Issue 2	8.0 Mbit/s	1.0 Mbit/s	1998
ADSL (G.dmt)	ITU G.992.1	8.0 Mbit/s	1.3 Mbit/s	1999
ADSL over POTS	ITU G.992.1 Annex A	12.0 Mbit/s	1.3 Mbit/s	2001
ADSL Lite (G.lite)	ITU G.992.2	1.5 Mbit/s	0.5 Mbit/s	1999
ADSL2	ITU G.992.3	12.0 Mbit/s	1.3 Mbit/s	2002
splitterless ADSL2	ITU G.992.4	1.5 Mbit/s	0.5 Mbit/s	2002
ADSL2+	ITU G.992.5	24.0 Mbit/s	1.4 Mbit/s	2003
ADSL2+M	ITU G.992.5 Annex M	24.0 Mbit/s	3.3 Mbit/s	2008

# Multiplexación de frecuencia - ADSL



Velocidad del canal de bajada en función de la distancia

# Multiplexación de frecuencia - ADSL



# Multiplexación de frecuencia - ADSL

Ejercicio: En un enlace ADSL con técnica DMT (224 canales de bajada y 25 de subida) y modulación QAM, los valores de potencia de transmisión del módem son de -3 dBm y la sensibilidad de recepción es de -39 dBm.

Frecuencia (MHz)	Atenuación (dB/100m)
0,0000 – 0,1380	1,75
0,1380 – 0,2966	1,9
0,2966 – 0,5073	2,0
0,5073 – 0,8728	2,2
0,8728 – 1,1010	3,3

a) ¿Máximo bitrate posible a 1700m?

Atenuación máxima =  $-39\text{dBm} - (-3\text{dBm}) = 36\text{dB}$

A 1700m las últimas dos bandas estarían apagadas.

Canales en funcionamiento =

$$(0,5073 - 0,138)\text{MHz} / 4\text{kHz} = 92$$

$$\text{Bitrate} = 92 \times 15 \times 4\text{kbps} = 5,52\text{Mbps}$$

# Multiplexación de frecuencia - ADSL

---

Ejercicio: En un enlace ADSL con técnica DMT (224 canales de bajada y 25 de subida) y modulación QAM, los valores de potencia de transmisión del módem son de -3 dBm y la sensibilidad de recepción es de -39 dBm.

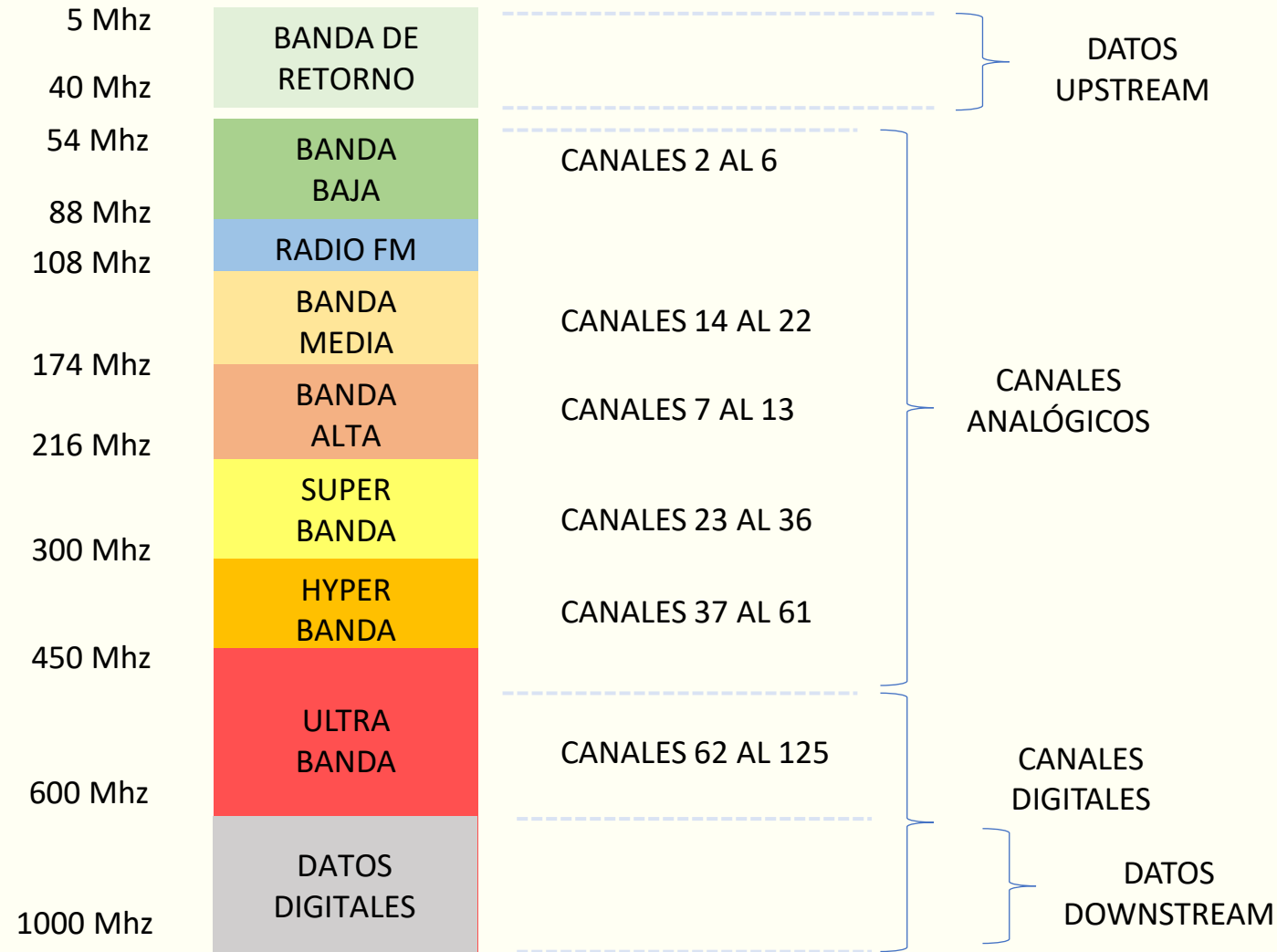
Frecuencia (MHz)	Atenuación (dB/100m)
0,0000 – 0,1380	1,75
0,1380 – 0,2966	1,9
0,2966 – 0,5073	2,0
0,5073 – 0,8728	2,2
0,8728 – 1,1010	3,3

a) ¿Máximo bitrate posible a 1700m?

b) ¿Máxima distancia para obtener 4Mbps de bajada?

# Multiplexación de frecuencia – Redes CATV

Asignación  
de canales  
y espectro  
de CATV



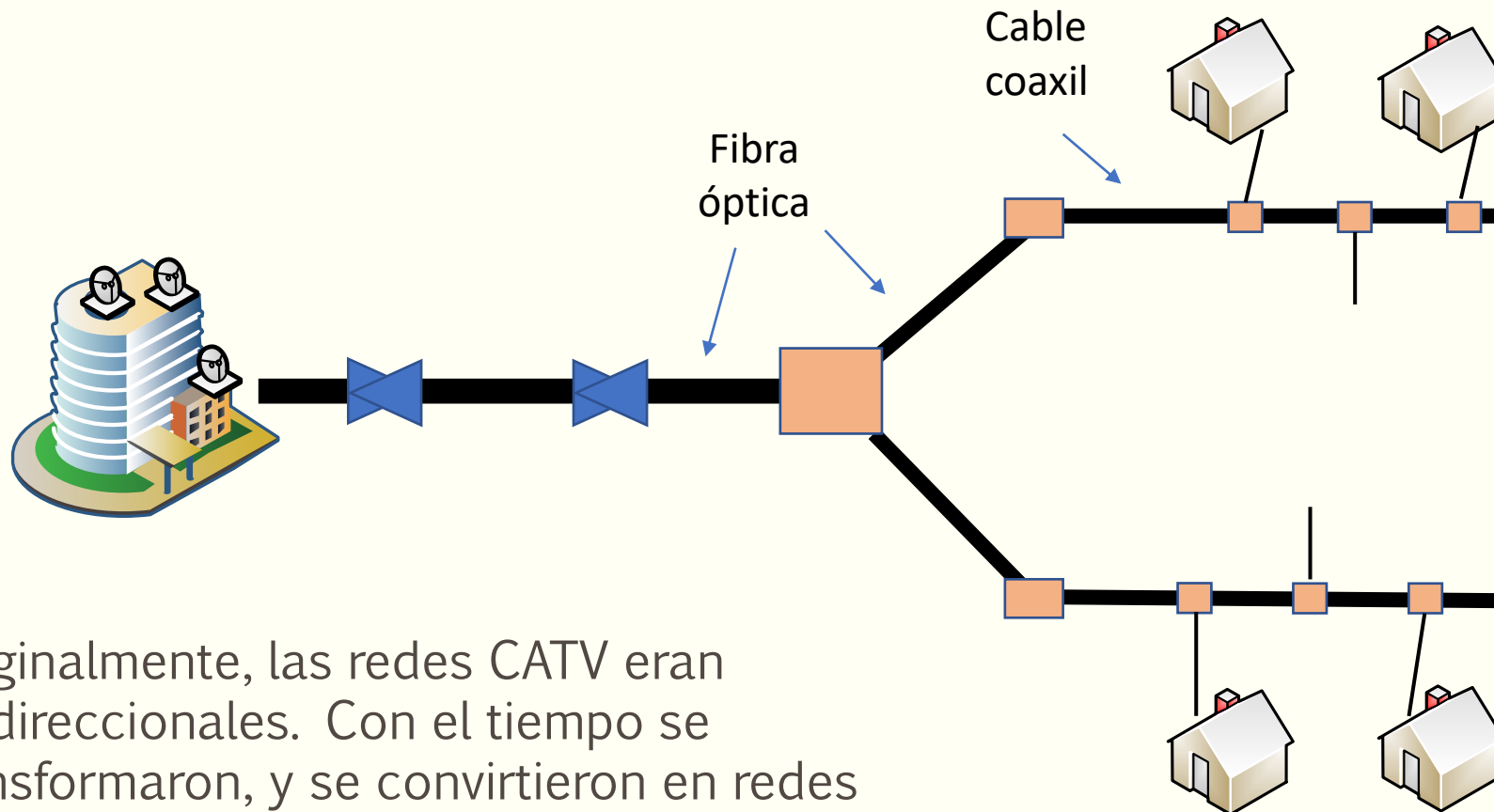
Redes de datos I



FACULTAD DE INGENIERÍA  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA

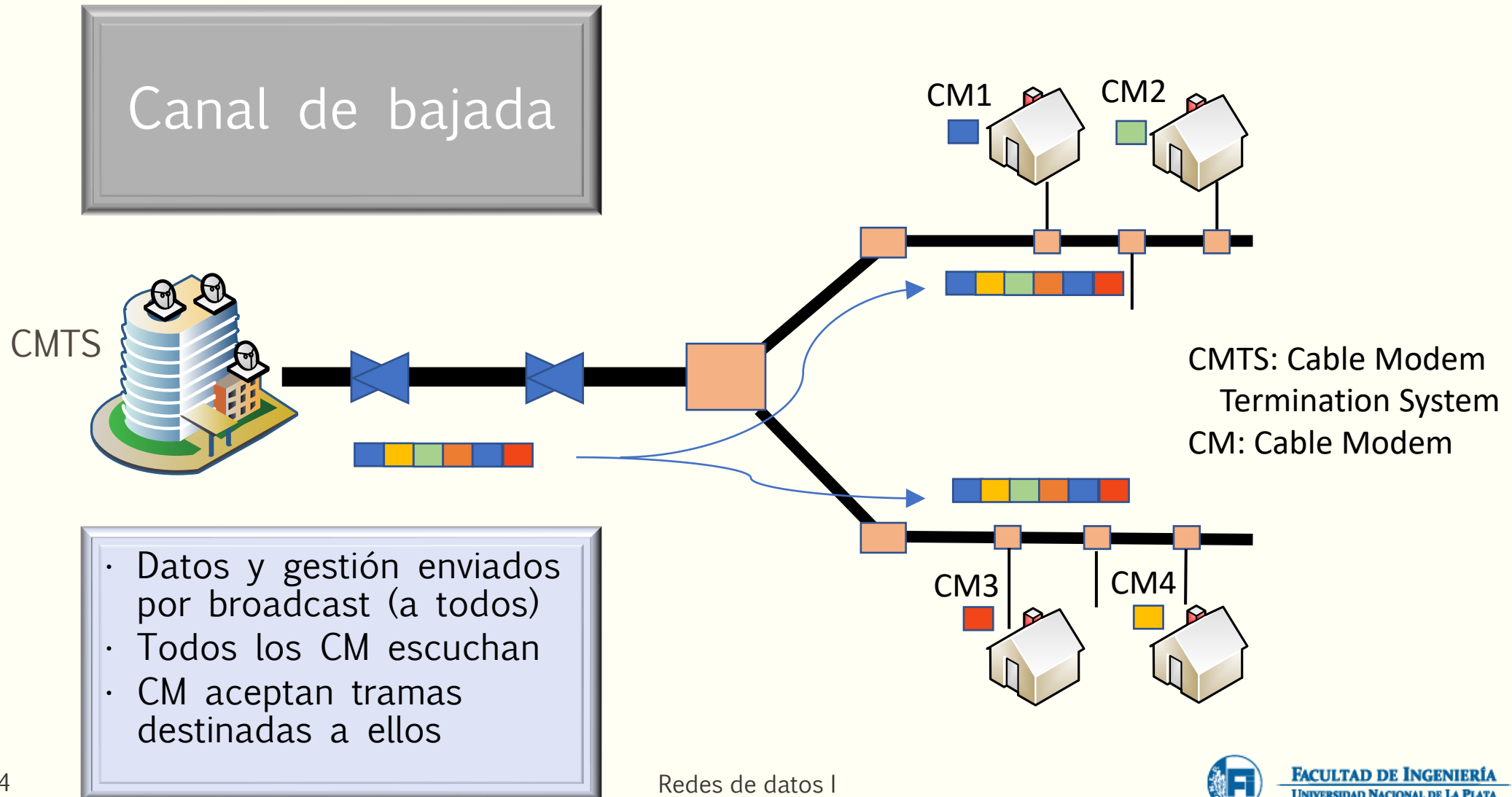


# Multiplexación de frecuencia – Redes CATV

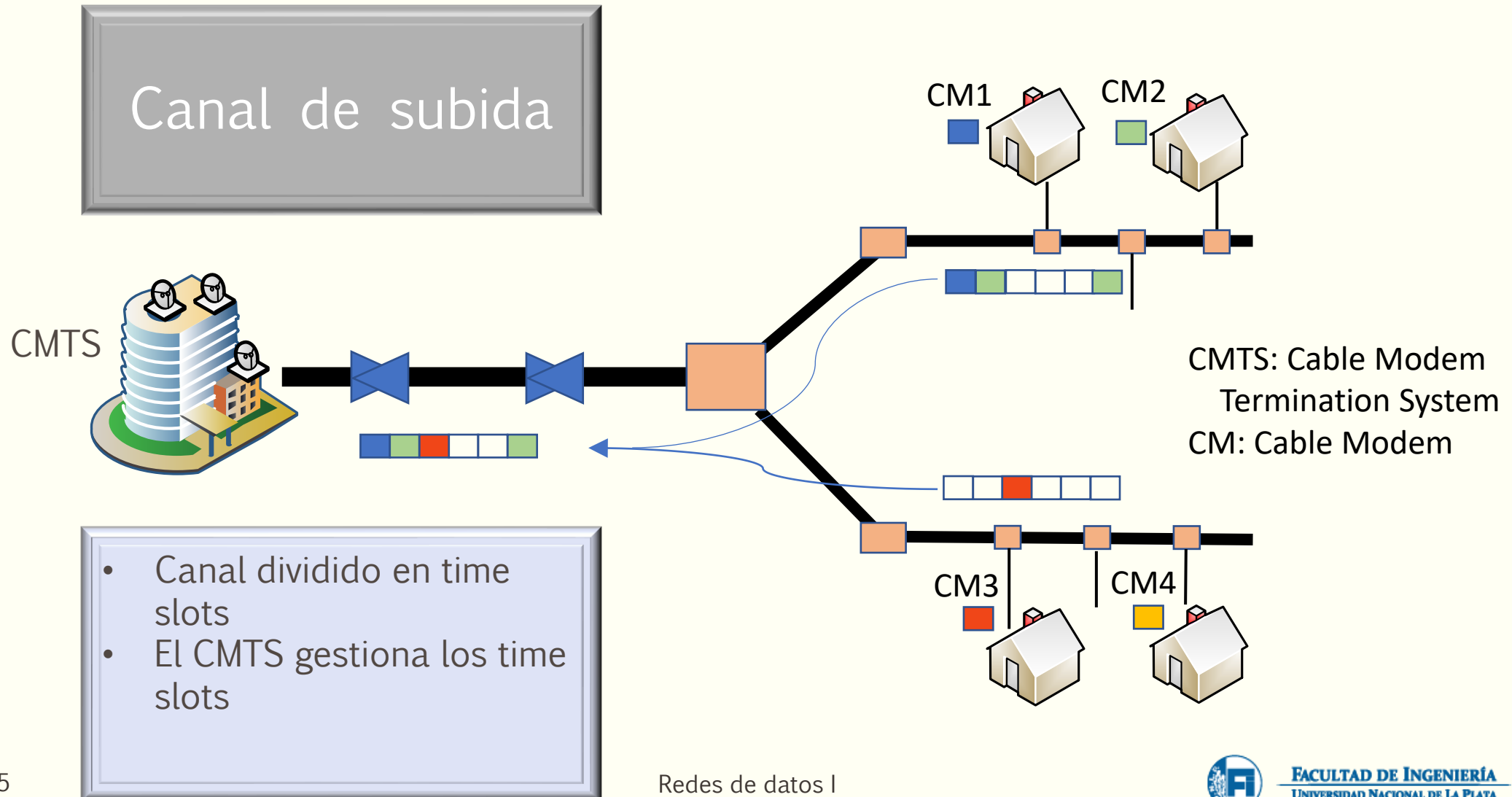


Originalmente, las redes CATV eran unidireccionales. Con el tiempo se transformaron, y se convirtieron en redes bidireccionales e híbridas (cable coaxil y fibra óptica). Se denominan redes HFC

# Multiplexación de frecuencia – Redes CATV



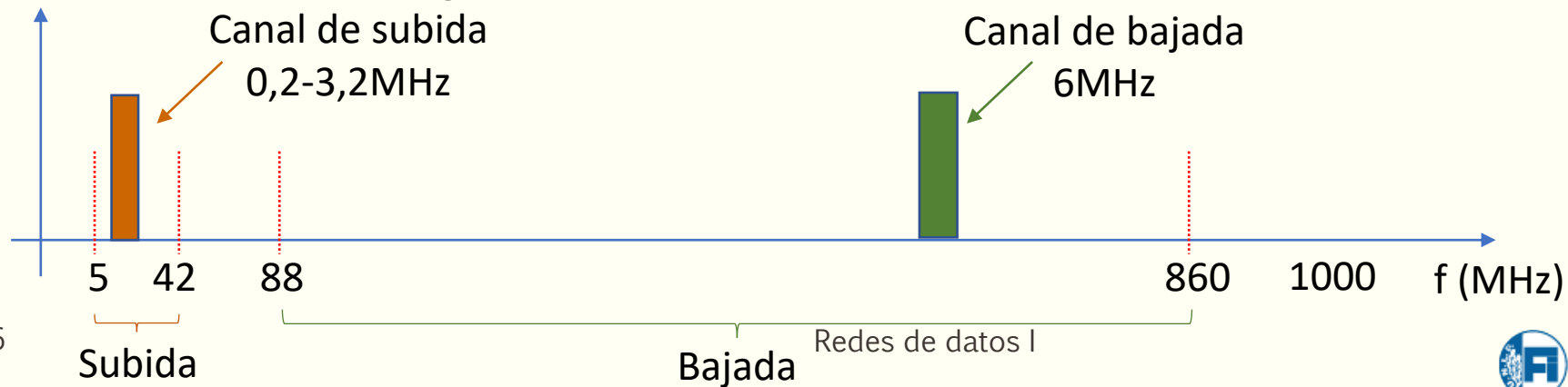
# Multiplexación de frecuencia – Redes CATV



# Multiplexación de frecuencia – Redes CATV

## DOCSIS: Data over Cable Service Interface Specification

- **DOCSIS 1.0** es un estándar en los servicios de acceso a alta velocidad basados en redes de cable. Define las siguientes especificaciones:
  - El Cable módem (CM) y el Sistema de terminación de CM (CMTS)
  - La interfaz de radiofrecuencia (RFI)
  - El sistema de gestión
  - Protocolos de prueba para aceptación
- **DOCSIS 1.1** añadió una serie de características, entre ellas la calidad de servicio (QoS), una programación más robusta, la clasificación de paquetes y otras mejoras que facilitan los servicios de voz y de datos.



CableLabs®

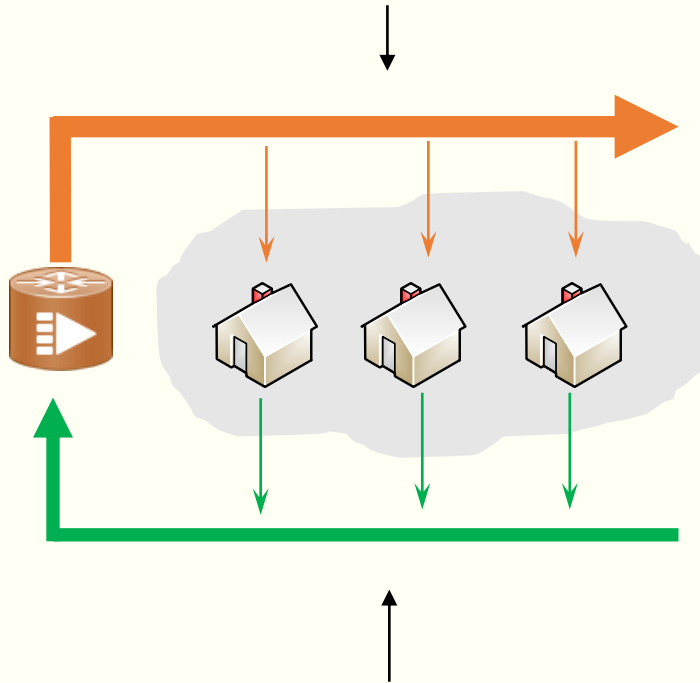
# Multiplexación de frecuencia – Redes CATV

## DOCSIS 1.X

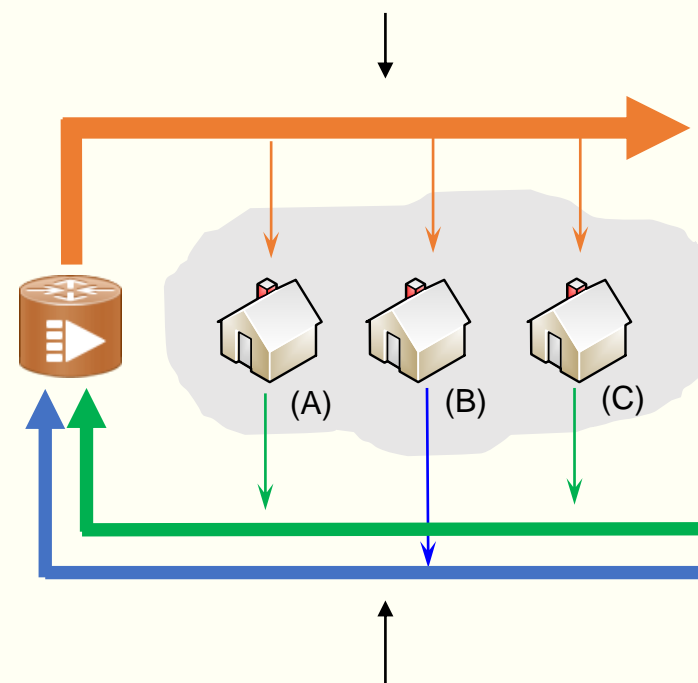
DOCSIS 1.X	Modulación	Rango de frecuencias (MHz)	Ancho de banda del canal (MHz)	Tasa total de transmisión (Mbps)	Tasa nominal de transmisión (Mbps)
Descendente	256 QAM	88-860	6	42,88	~38
	64 QAM	88-860	6	30,34	~27
Ascendente	16 QAM	5-42	0,2	0,64	~0,6
			0,4	1,28	~1,2
			0,8	2,56	~2,3
			1,6	5,12	~4,6
			3,2	10,24	~9,0
	QPSK	5-42	0,2	0,32	~0,3
			0,4	0,64	~0,6
			0,8	1,26	~1,2
			1,6	2,56	~2,3
			3,2	5,12	~4,6

# Multiplexación de frecuencia – Redes CATV

Canal descendente (800- 806 MHz) 42,88 Mb/s compartidos por 3 usuarios



Un canal ascendente – (29,7–31,3 MHz)  
2,56 Mb/s compartidos por 3 usuarios

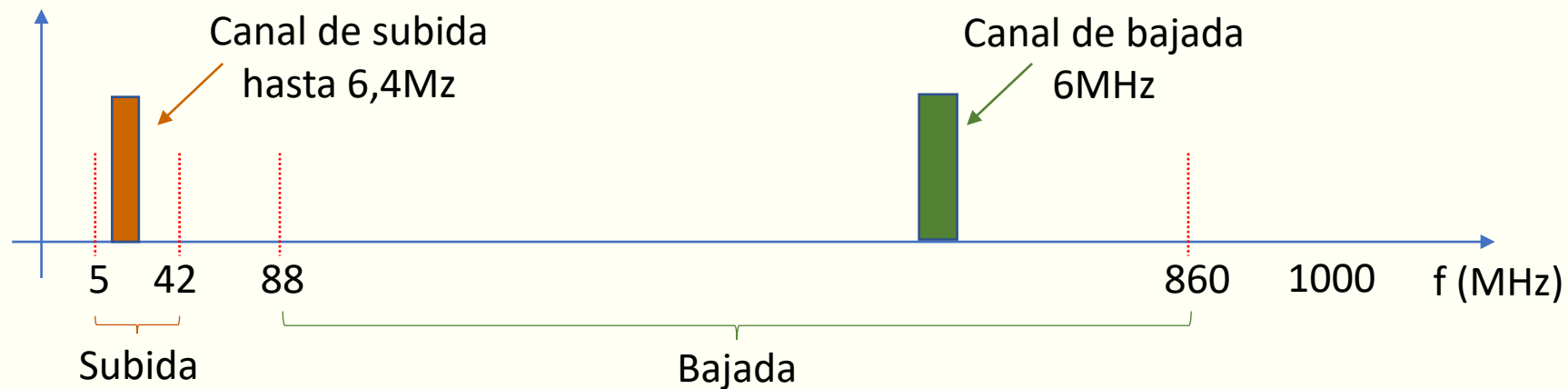


Dos canales ascendentes (29,7-31,3 y 31,3-32,9 MHz)  
2,56 Mb/s compartidos por usuarios A y C  
2,56 Mb/s dedicados al usuario B

# Multiplexación de frecuencia – Redes CATV

## DOCSIS 2.0

- El ancho de banda del canal de bajada (6 MHz) y las velocidades no cambian respecto a DOCSIS 1.x.
- La velocidad en el canal de subida llega hasta 30,72 Mbps, soportando 64-QAM en el flujo ascendente, además de 8-QAM y 32-QAM - y opcionalmente soporta Trellis Code Modulation de 128-QAM (TCM). Además, amplía el ancho de banda del canal hasta 6,4 MHz.



# Multiplexación de frecuencia – Redes CATV

## DOCSIS 2.0

DOCSIS 2.0	Modulación	Ancho de banda del canal	Tasa total de transmisión (Mbps)
Descendente	256 QAM	6	42,88
	64 QAM	6	30,34
Ascendente	32 QAM	3,2	12,80
	64 QAM	3,2	15,36
	16 QAM	6,4	20,48
	32 QAM	6,4	25,60
	64 QAM	6,4	30,72
	128 QAM *	6,4	35,84

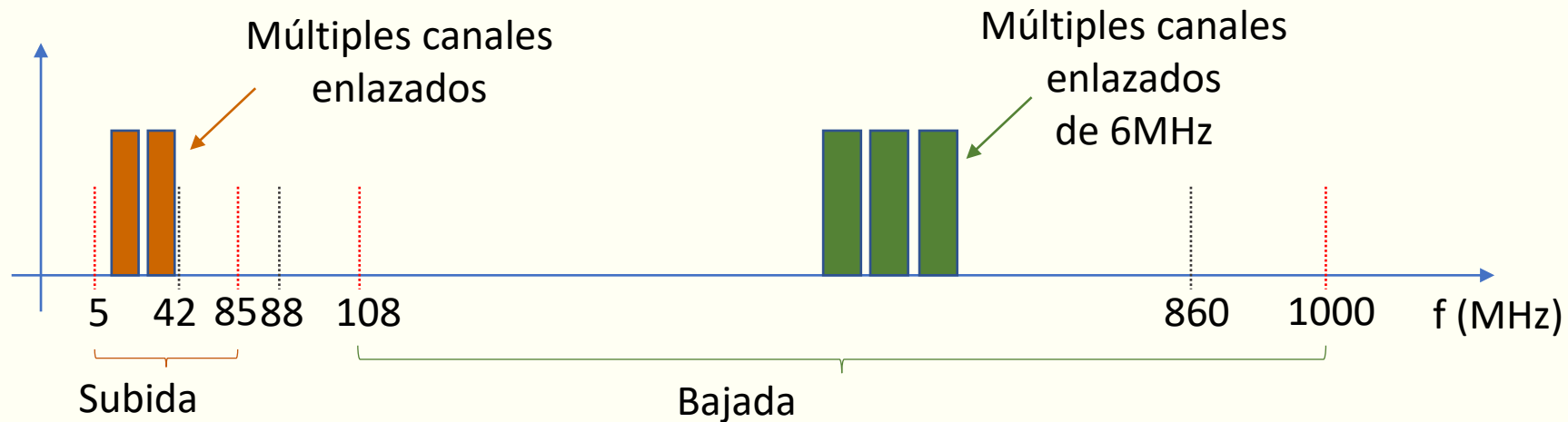
\*: Opcional



# Multiplexación de frecuencia – Redes CATV

## DOCSIS 3.0

- **DOCSIS 3.0** Mantiene el ancho de banda del canal de bajada en 6 MHz y el ancho de banda del canal de subida de hasta 6,4 MHz; introduce la unión de canales (bonding).
  - Une varios canales en forma lógica para aumentar la velocidad de transmisión.
  - Por ej., 4 canales de bajada enlazados:  $4 \times 42,88 = 171 \text{ Mbps}$
- Mantiene la compatibilidad con 1.x y 2.0
- Se modifica el espectro de frecuencias que utiliza, tanto en bajada como en subida



# Multiplexación de frecuencia – Redes CATV

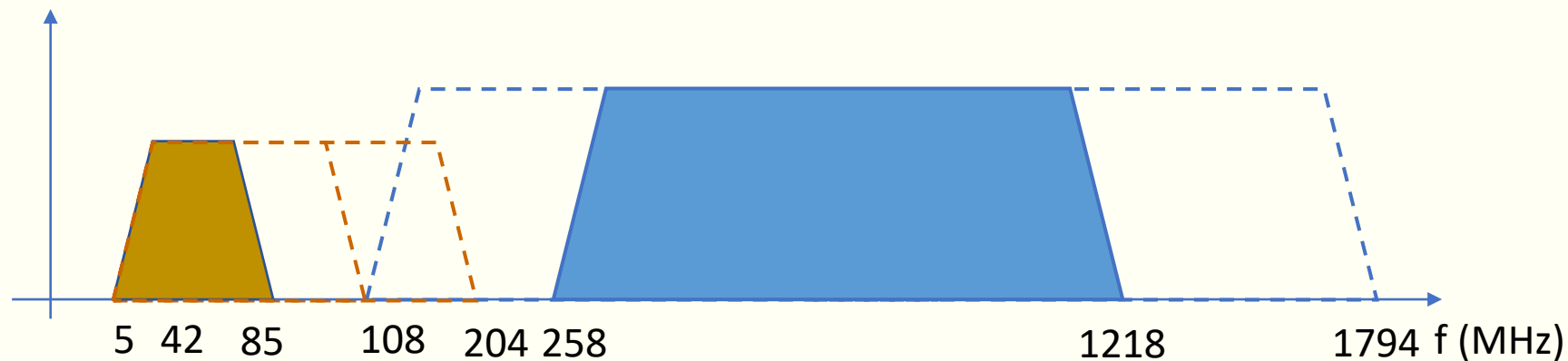
## DOCSIS 3.0

Docsis 3.0			
Canales enlazados		Tasa total de transmisión (Mbps)	
Bajada	Subida	Bajada	Subida
4	4	171,52	122,88
8	4	343,04	122,88
16	4	686,08	122,88
24	8	1029,12	245,76
32	8	1372,16	245,76

# Multiplexación de frecuencia – Redes CATV

## DOCSIS 3.1

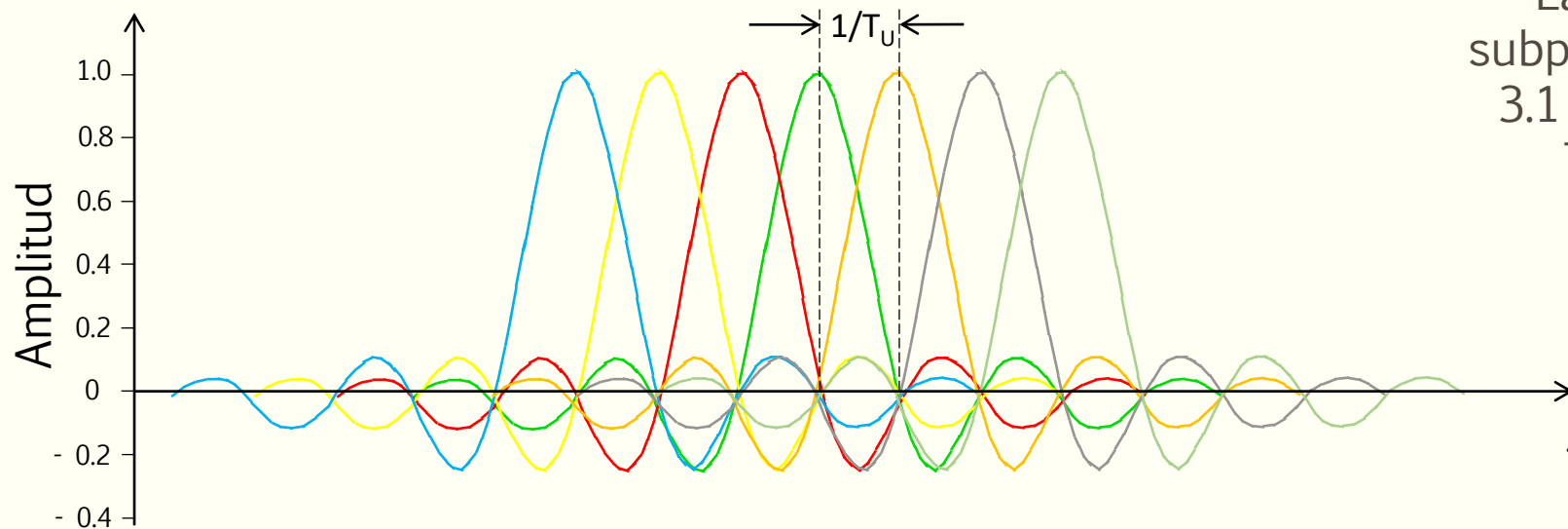
- **DOCSIS 3.1** Mantiene la compatibilidad con 1.x, 2.0 y 3.0
- Introduce la multiplexación por división de frecuencia ortogonal (OFDM)
- Soporta hasta 4096 QAM en bajada y en subida. Opcionalmente, 16384 QAM en bajada.
- Espectro de frecuencias utilizado:
  - Bajada: 258 MHz a 1218 MHz, opcional hasta 1794 MHz (y 108 MHz inferior)
  - Subida: 5 MHz a 85 MHz (obligatorio), opcional hasta 204 MHz



# Multiplexación de frecuencia – Redes CATV

## OFDM

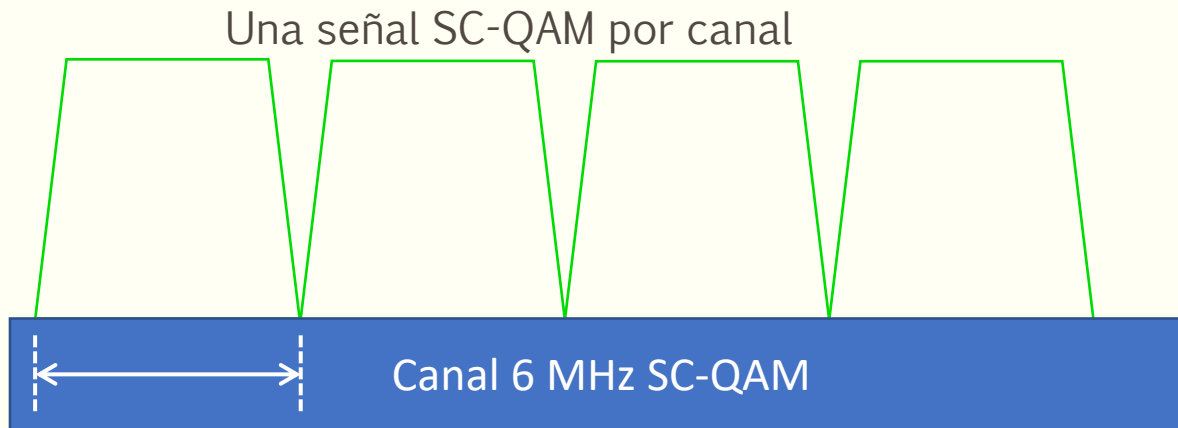
- Multiplexación por división de frecuencia ortogonal
- Las subportadoras son ortogonales.
- El pico de una subportadora recae en los nulos de las otras subportadoras, lo que idealmente resulta en la no interferencia entre ellas.



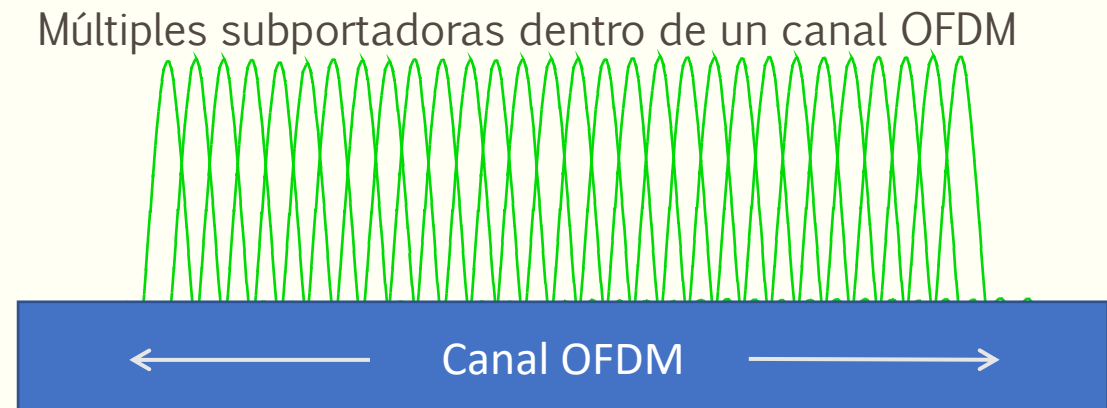
La separación entre subportadoras en DOCSIS  
3.1 es 25 kHz o 50 kHz  
 $T_u = 20\mu\text{s}$  o  $40\mu\text{s}$

# Multiplexación de frecuencia – Redes CATV

## OFDM vs SC-QAM



Hasta 7600 subportadoras, dentro de un canal OFDM, de hasta 192 MHz.  
En el canal de subida, se utiliza acceso multiple por division de frecuencia ortogonal.  
Además, se usa en conjunto con acceso multiple por division de tiempo (TDMA)



# Multiplexación de frecuencia – Redes CATV

## OFDM

- Elimina el concepto del canal de 6 MHz, ya no es necesario

Flexibilidad en el ancho de banda del canal:

- Bajada: mínimo de 24 MHz, hasta 192 MHz
- Subida: mínimo de 6,4MHz, hasta 95 MHz

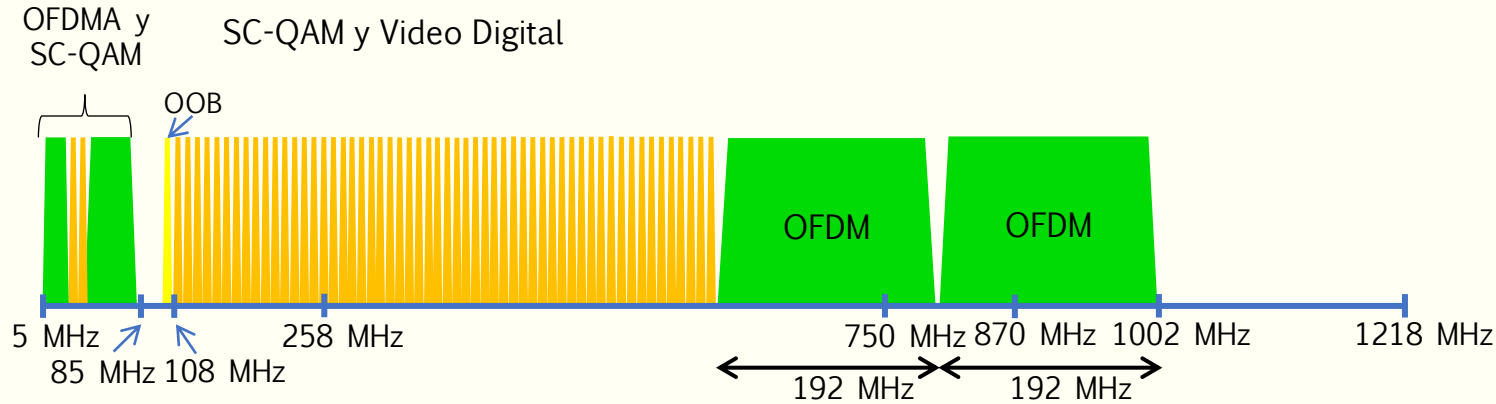
Debe soportar, al menos:

- En bajada: 2 canales OFDM de 192 MHz
- En subida: 2 canales OFDMA de 96 MHz

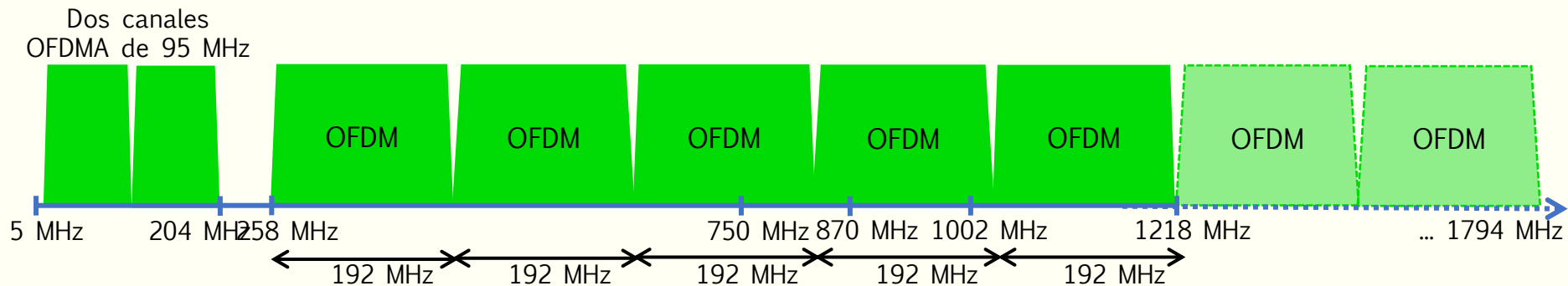
Velocidad de subida	Orden de modulación	Portadoras $\Delta=25\text{kHz}$	Portadoras $\Delta=50\text{kHz}$
	64-QAM	0.47 Gbps	0.46 Gbps
	128-QAM	0.55 Gbps	0.53 Gbps
	256-QAM	0.63 Gbps	0.61 Gbps
	512-QAM	0.71 Gbps	0.69 Gbps
	1024-QAM	0.78 Gbps	0.76 Gbps
	2048-QAM	0.86 Gbps	0.84 Gbps
	4096-QAM	0.94 Gbps	0.91 Gbps

Velocidad de bajada	Orden de modulación	Portadoras $\Delta=25\text{kHz}$	Portadoras $\Delta=50\text{kHz}$
	256-QAM	1.26 Gbps	1.20 Gbps
	512-QAM	1.42 Gbps	1.35 Gbps
	1024-QAM	1.58 Gbps	1.50 Gbps
	2048-QAM	1.73 Gbps	1.65 Gbps
	4096-QAM	1.89 Gbps	1.80 Gbps
	8192-QAM	2.05 Gbps	1.96 Gbps
	16384-QAM	2.21 Gbps	2.11 Gbps

# Multiplexación de frecuencia – Redes CATV



Ejemplos de distribución de canales

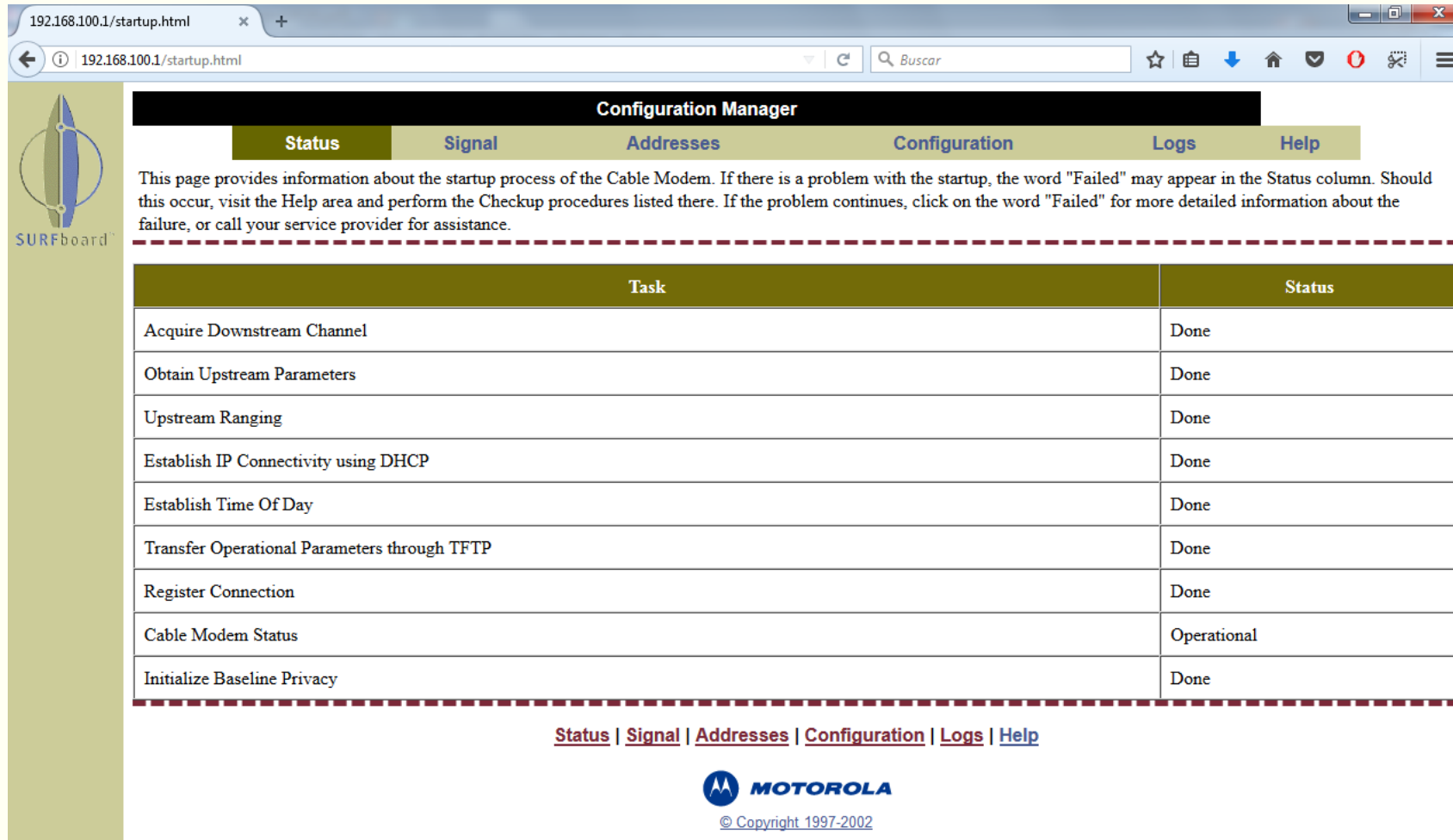


Máximas velocidades: ascendente =  $2 \times 0.94 \text{ Gbps} = 1.88 \text{ Gbps}$

descendente =  $5 \times 1.94 \text{ Gbps} = 9.45 \text{ Gbps}$

Redes de datos I

# Multiplexación de frecuencia – Redes CATV



192.168.100.1/startup.html

192.168.100.1/startup.html

Buscar


**Configuration Manager**

[Status](#) [Signal](#) [Addresses](#) [Configuration](#) [Logs](#) [Help](#)

This page provides information about the startup process of the Cable Modem. If there is a problem with the startup, the word "Failed" may appear in the Status column. Should this occur, visit the Help area and perform the Checkup procedures listed there. If the problem continues, click on the word "Failed" for more detailed information about the failure, or call your service provider for assistance.

Task	Status
Acquire Downstream Channel	Done
Obtain Upstream Parameters	Done
Upstream Ranging	Done
Establish IP Connectivity using DHCP	Done
Establish Time Of Day	Done
Transfer Operational Parameters through TFTP	Done
Register Connection	Done
Cable Modem Status	Operational
Initialize Baseline Privacy	Done

[Status](#) | [Signal](#) | [Addresses](#) | [Configuration](#) | [Logs](#) | [Help](#)

 **MOTOROLA**

© Copyright 1997-2002



# Multiplexación de frecuencia – Redes CATV

192.168.100.1/signal.html

Configuration Manager

Status Signal Addresses Configuration Logs Help

This page provides information about the current upstream and downstream signal status of your Cable Modem.

Downstream	Value
Frequency	609000000 Hz Locked
Signal to Noise Ratio	34 dB
Power Level	-10 dBmV The Downstream Power Level reading is a snapshot taken at the time this page was requested. Please Reload/Refresh this Page for a new reading

Upstream	Value
Channel ID	50
Frequency	30200000 Hz Ranged
Power Level	50 dBmV

[Status](#) | [Signal](#) | [Addresses](#) | [Configuration](#) | [Logs](#) | [Help](#)

**MOTOROLA**  
© Copyright 1997-2002

# Multiplexación de frecuencia – Redes CATV

The screenshot shows a web browser interface for a device named KAON. The address bar indicates the URL is 192.168.100.1. The left sidebar contains a menu with the following items: Device Info, Advanced Setup, Wireless Management, Network Topology, Spectrum Analyzer, Cable Modem Docsis, CM SW Info (highlighted in orange), CM Connection, CM Security, Diagnostics, MTA, and Logout. The main content area is titled 'Status' and 'Software'. It includes a description: 'This page displays information on the current system software.' Below this, there are two tables. The first table, titled 'Information', lists system details. The second table, titled 'Status', lists operational metrics.

Information	
Standard Specification Compliant	Docsis 3.1
Hardware Version	CG3000 Rev:V1.3
Software Version	1.00.62
Cable Modem MAC Address	90:F8:91:61:1A:B3
Cable Modem Serial Number	B510058136028130
CM certificate	Installed

Status	
System Up Time	17 days 07h:32m:17s.00
Network Access	Allowed
Board Temperature	25 degree Celsius

# Multiplexación de frecuencia – Redes CATV

Startup Procedure		
Procedure	Status	Comment
Acquire Downstream Channel	825000000 Hz	Locked
Connectivity State	OK	Operational
Boot State	OK	Operational
Security	Enabled	BPI+

Downstream Channel Status									
Channel Index	Channel ID	Lock Status	Channel Type	Bonding Status	Center Frequency	Width	SNR/MER Threshold Value	Receive Level	Modulation/Profile ID
1	20	Locked	SC-QAM Downstream	Bonded	825000000 Hz	6000000 Hz	38.8 dB	-5.1 dBmV	QAM256
2	1	Locked	SC-QAM Downstream	Bonded	603000000 Hz	6000000 Hz	39.7 dB	-3.4 dBmV	QAM256
3	2	Locked	SC-QAM Downstream	Bonded	609000000 Hz	6000000 Hz	39.5 dB	-3.7 dBmV	QAM256
4	3	Locked	SC-QAM Downstream	Bonded	615000000 Hz	6000000 Hz	39.8 dB	-3.3 dBmV	QAM256
30	30	Locked	SC-QAM Downstream	Bonded	885000000 Hz	6000000 Hz	38.5 dB	-4.7 dBmV	QAM256
31	31	Locked	SC-QAM Downstream	Bonded	891000000 Hz	6000000 Hz	38.6 dB	-4.8 dBmV	QAM256
32	33	Locked	OFDM Downstream	Bonded	906000000 Hz	94000 kHz	36.0 dB	-4.7 dBmV	0, 1, 2, 255

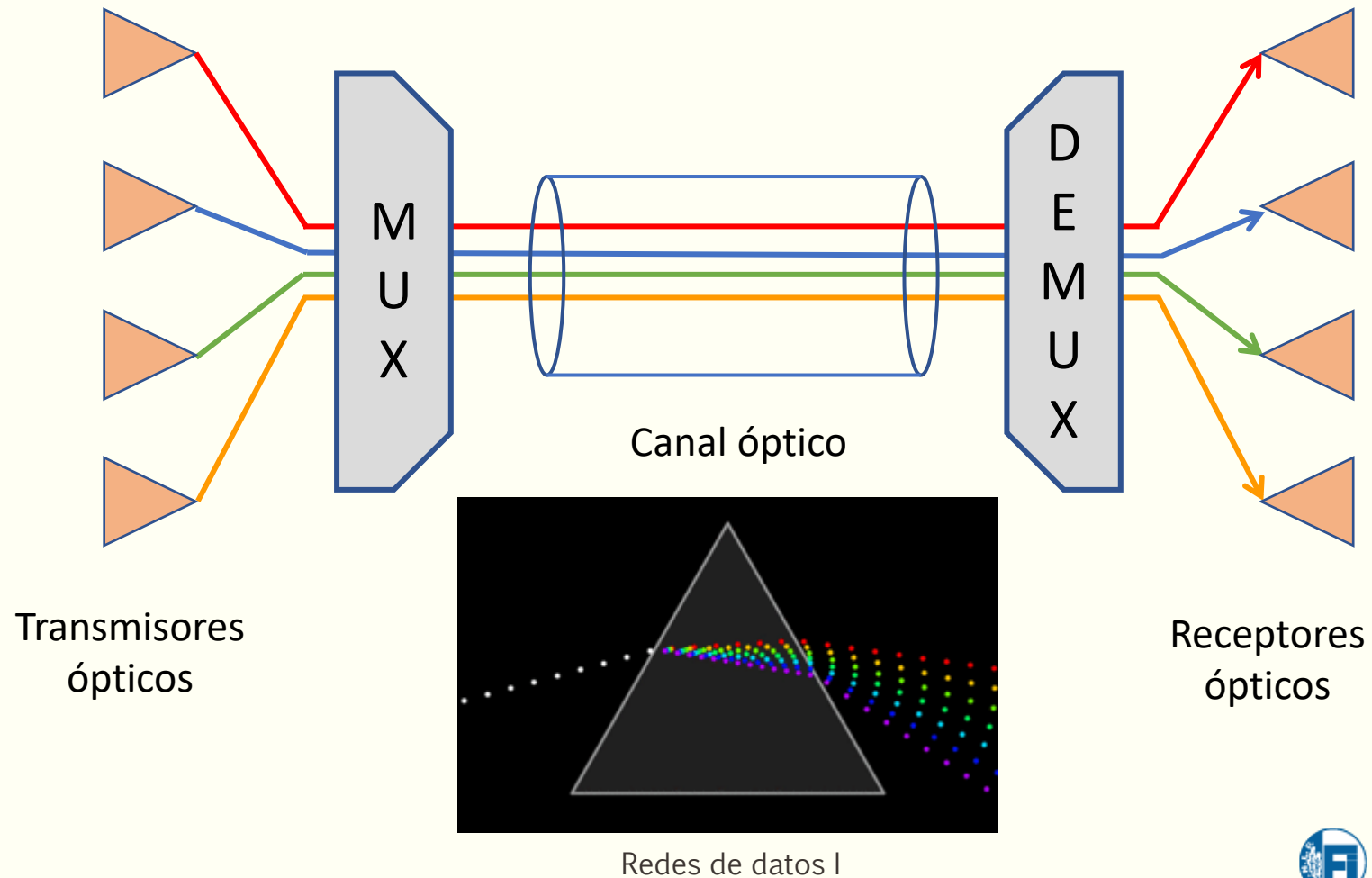
Upstream Channel Status								
Channel Index	Channel ID	Lock Status	Channel Type	Bonding Status	Center Frequency	Width	Transmit Level	Modulation/Profile ID
1	53	Locked	SC-QAM Upstream	Bonded	38600000 Hz	6400000 Hz	50.0 dBmV	ATDMA
2	54	Locked	SC-QAM Upstream	Bonded	32200000 Hz	6400000 Hz	50.0 dBmV	ATDMA
3	55	Locked	SC-QAM Upstream	Bonded	25800000 Hz	6400000 Hz	48.0 dBmV	ATDMA
4	56	Locked	SC-QAM Upstream	Bonded	19400000 Hz	6400000 Hz	49.0 dBmV	ATDMA

# MULTIPLEXACIÓN

- Principios de multiplexación
- Multiplexación en el tiempo
- Multiplexación en frecuencia
- **Multiplexación en longitud de onda**

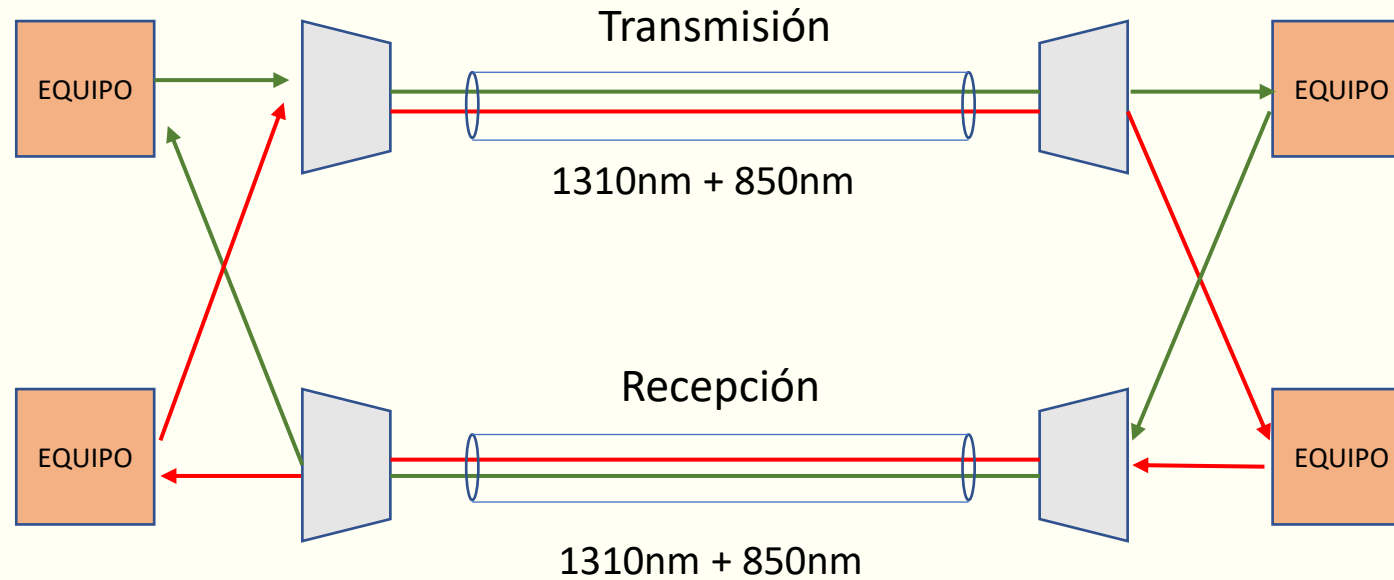
# Multiplexación en longitud de onda

WDM: Wavelength Division Multiplexing



# Multiplexación en longitud de onda

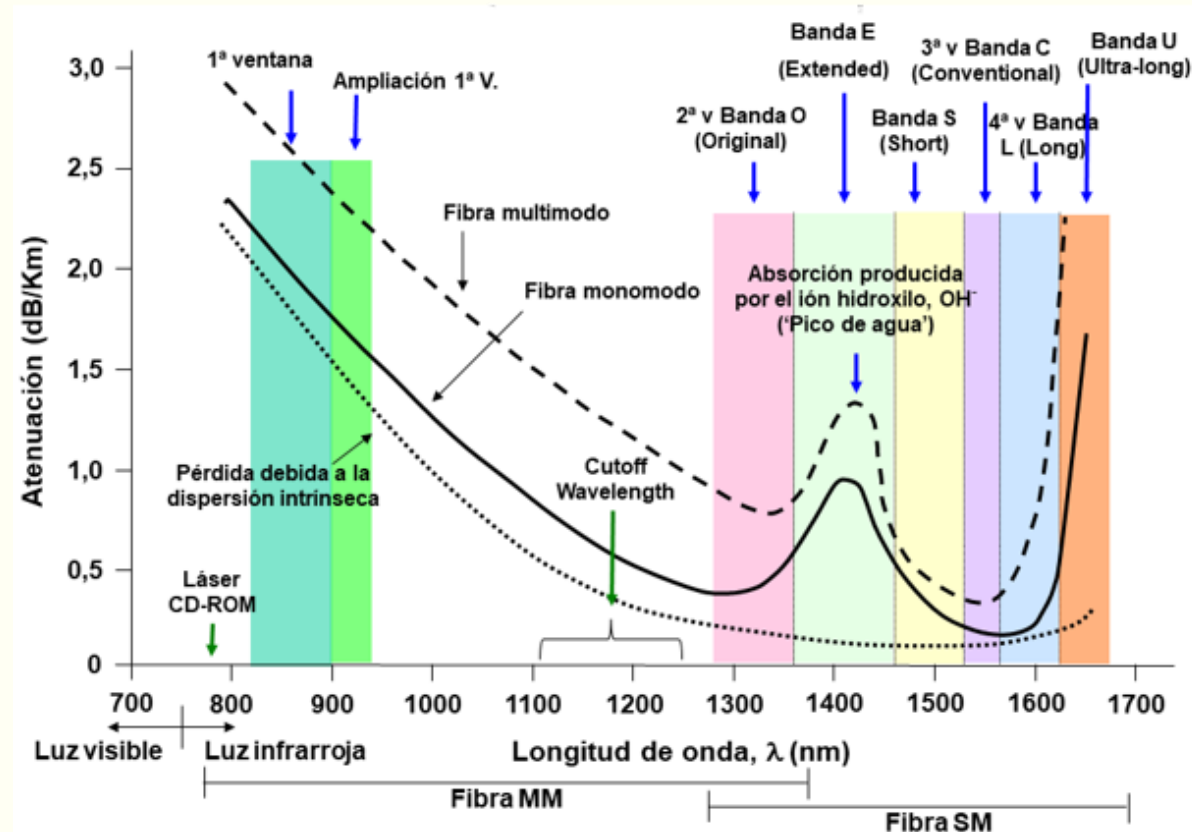
## WDM: Orígenes



# Multiplexación en longitud de onda

## WDM: continuación

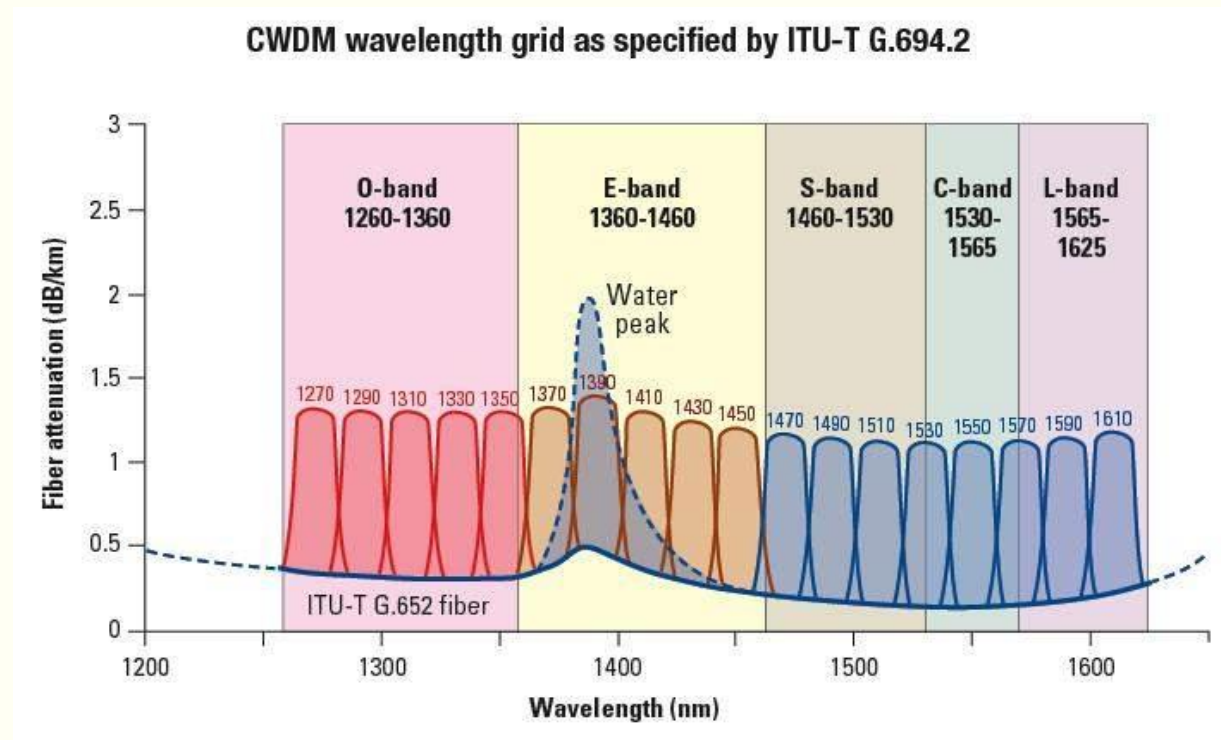
- WDM Densa (DWDM), muchas longitudes de onda, utilizado principalmente en larga distancia
- WDM Ligera ('Coarse' CWDM), pocas longitudes de onda, utilizado principalmente en entornos metropolitanos



# Multiplexación en longitud de onda

## WDM: continuación

- **WDM Ligera ('Coarse' CWDM):** 18 canales de 20nm, entre 1270nm y 1610nm. Aprox. hasta 100km. No utiliza amplificadores. Capacidad: 10Gbps

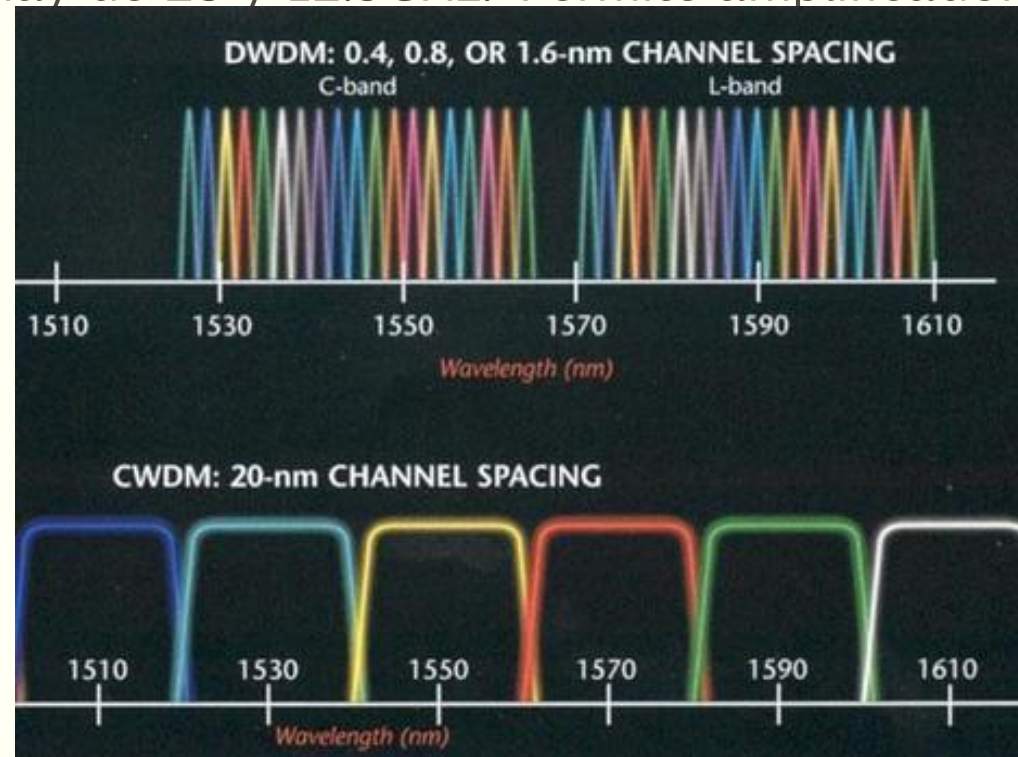




# Multiplexación en longitud de onda

## WDM: continuación

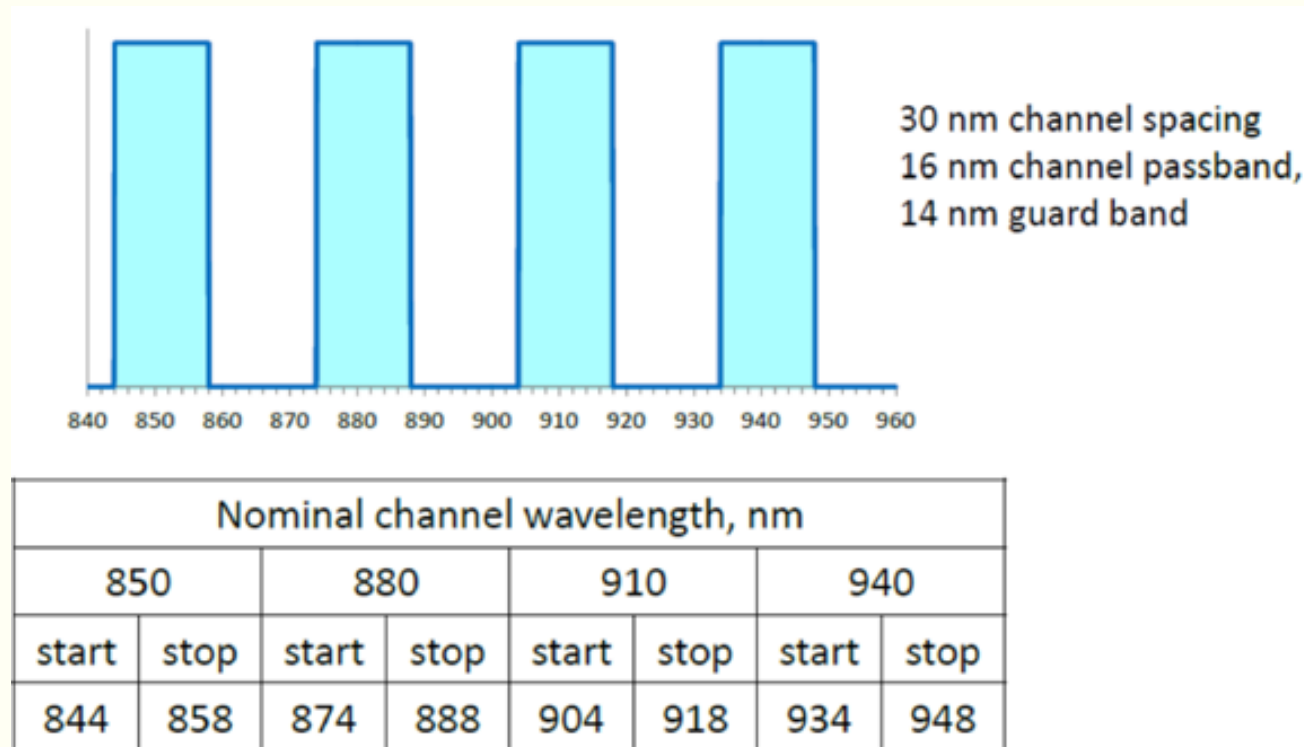
- **WDM Densa ('Dense' DWDM):** Aumenta la cantidad de canales y disminuye su anchura. Por ejemplo, 40 canales de 0.8nm (100GHz) u 80 canales de 0.4nm (50GHz). También hay de 25 y 12.5GHz. Permite amplificadores.



# Multiplexación en longitud de onda

## WDM: continuación

- **WDM Corta ('Short' SWDM):** Permite transmitir 40-100 Gbps, en corta distancia (<500m). Utiliza 4 canales, en fibra multimodo, en 1° ventana.



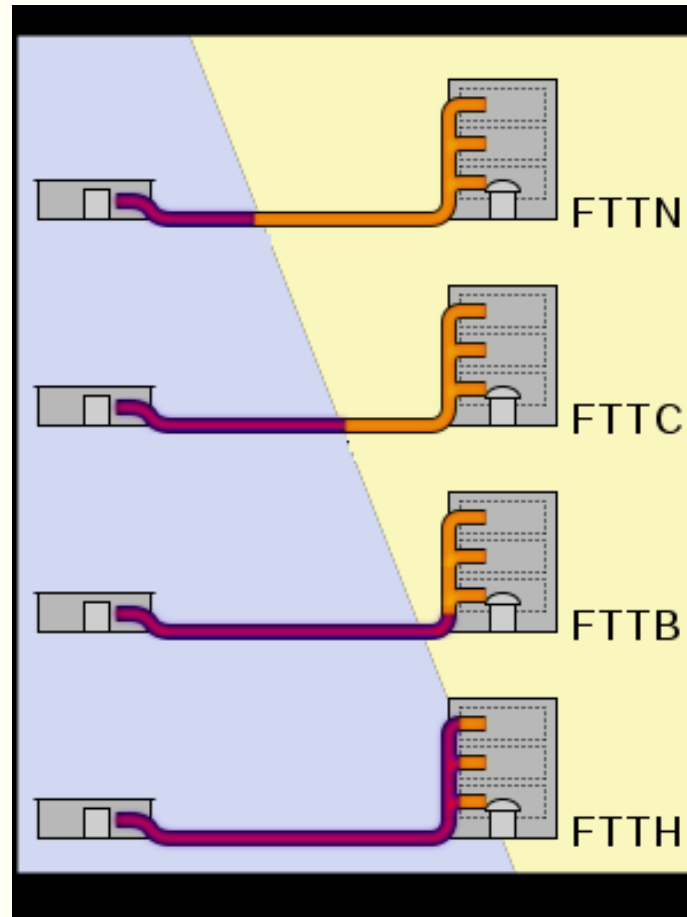
# Multiplexación en longitud de onda

## Tipos de WDM

Característica	DWDM (Dense WDM)	CWDM (Coarse WDM)	SWDM (Short- wavelength WDM)
Número de canales	40 – 320	18	4
Longitudes de onda	1530-1625 nm	1270 – 1610 nm	850-940 nm
Separación canales	0,1 - 0,8 nm	20 nm	30 nm
Alcance máx.	1000s de km (con amplificadores)	60 km (aprox)	440 m
Estándar	ITU-T G.694.1	ITU-T G.694.2	TIA 492AAAE
Fibra preferida	SM (ITU-T G.655)	SM (ITU-T G.652)	MM (ISO/IEC OM5)
Aplicación	MAN, WAN	LAN, MAN	LAN
Coste	Alto	Medio	Bajo
Implantación	1990s	2000s	2010s

# Multiplexación en longitud de onda

## Arquitectura FTTx



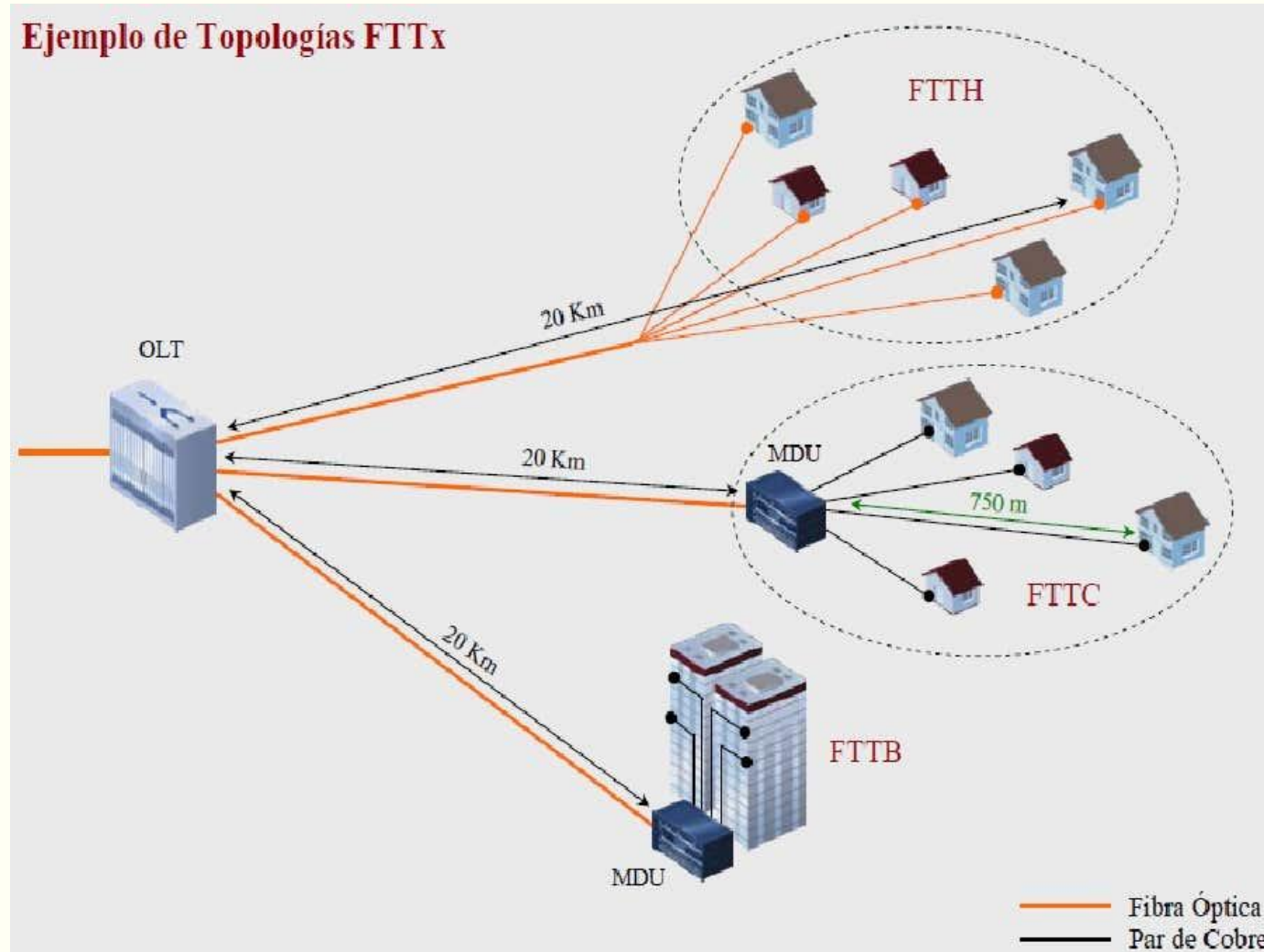
Fiber to the node

Fiber to the cabinet

Fiber to the building

Fiber to the home

# Multiplexación en longitud de onda



# Multiplexación en longitud de onda

---

## Redes ópticas pasivas (PON)

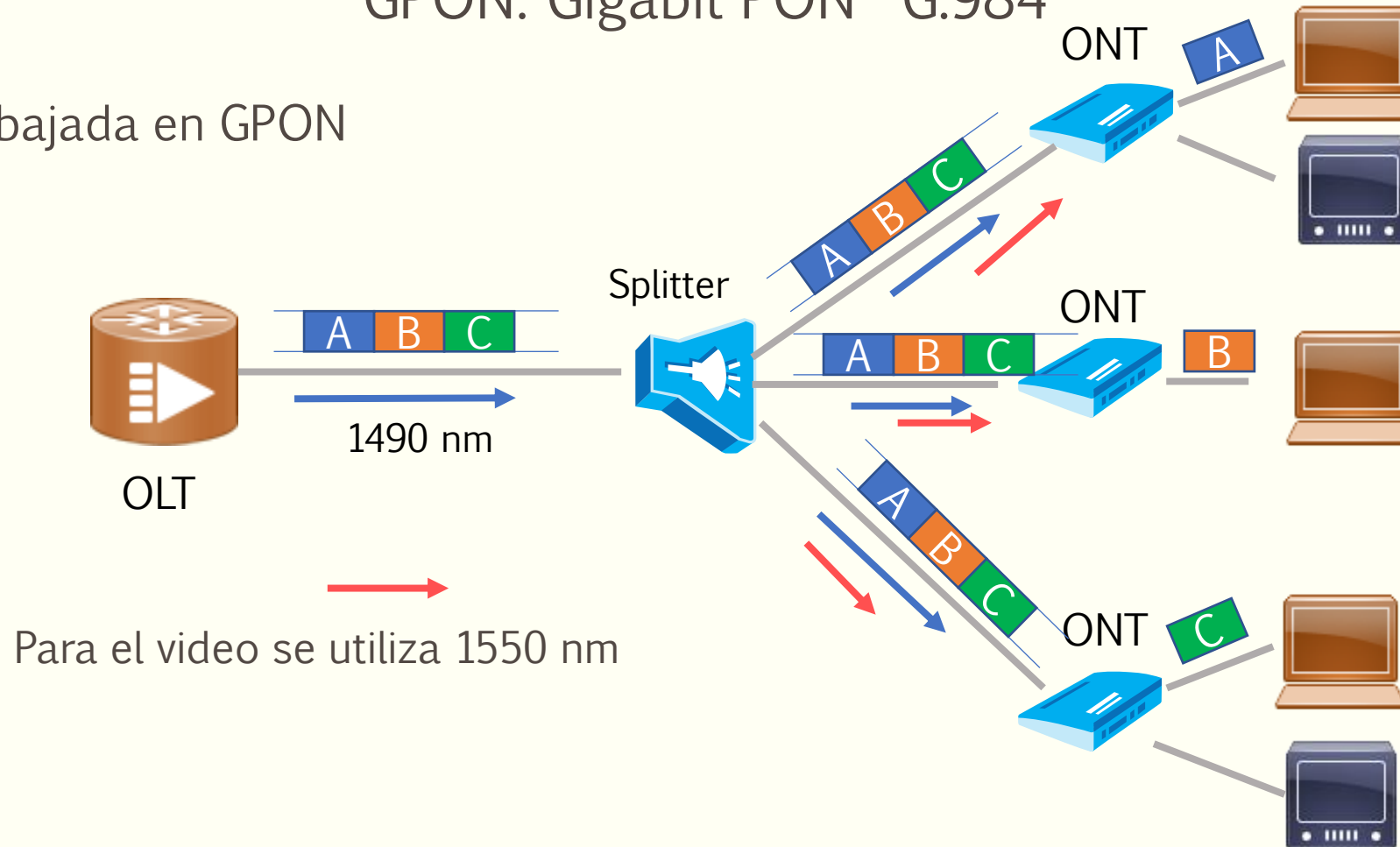
Son redes ópticas que se consideran pasivas debido a que los únicos elementos activos son los equipos de la oficina central y el cliente

- **Optical Line Terminal (OLT):** es el equipo activo en la central
- **Optical Distribution Terminal (ODN):** es la red de fibra óptica pasiva y todos sus componentes asociados (splitters, conectores, etc.)
- **Optical Network Terminator (ONT):** es el equipo activo/terminal del cliente

# Multiplexación en longitud de onda

GPON: Gigabit PON G.984

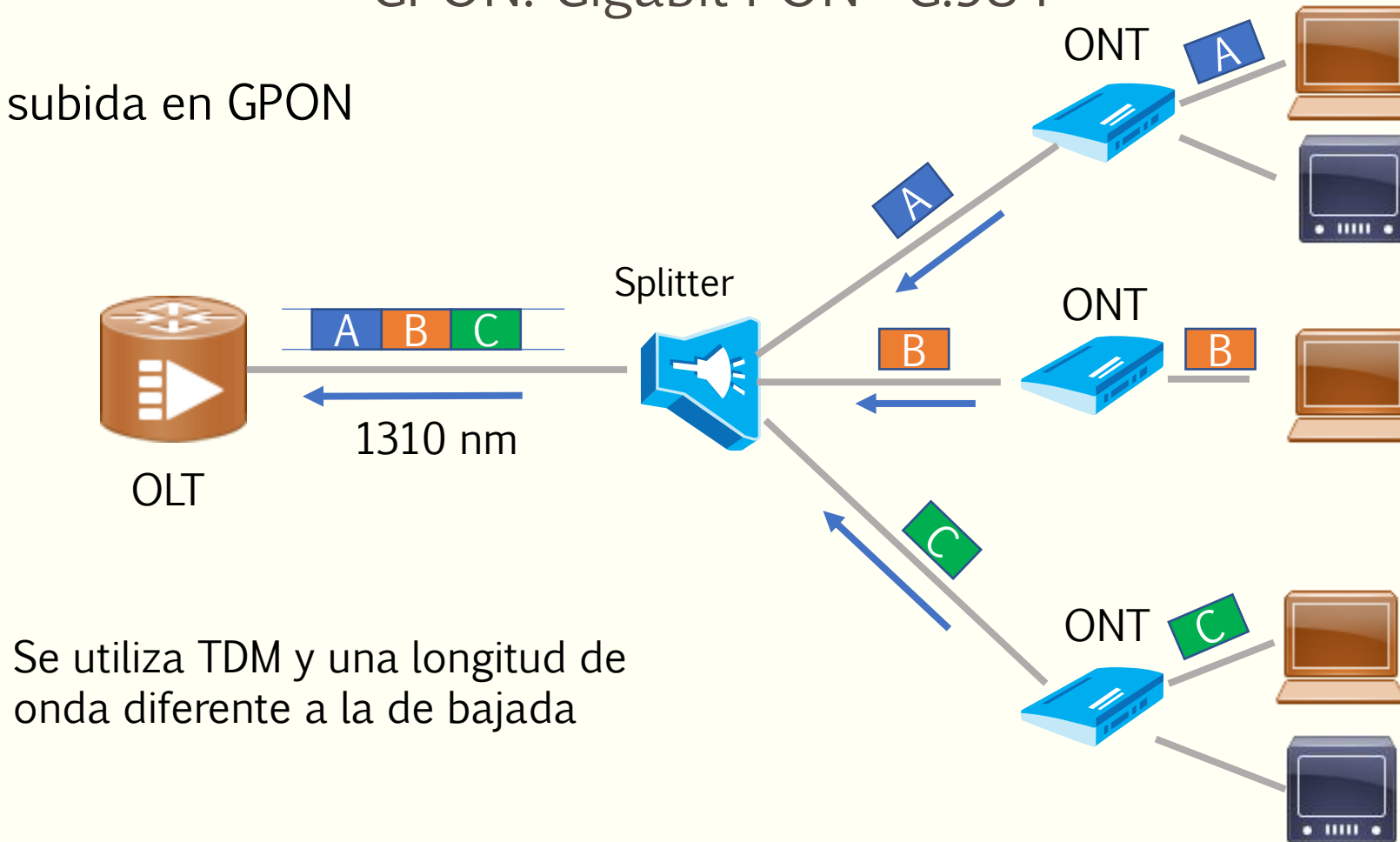
Datos de bajada en GPON



# Multiplexación en longitud de onda

GPON: Gigabit PON G.984

Datos de subida en GPON



Se utiliza TDM y una longitud de onda diferente a la de bajada



# Multiplexación en longitud de onda

GPON: Gigabit PON G.984

