

# INGENIERÍA DE REDES

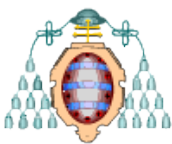
## Grado en Ingeniería Informática

### **Tema 6:**

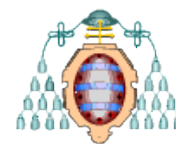
# **Arquitectura de redes de cable.**

## **Protocolo DOCSIS**

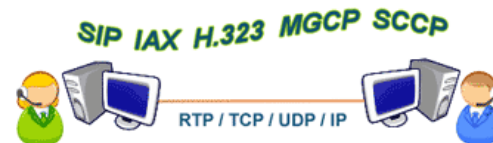
Roberto García Fernández  
Área de Ingeniería Telemática  
Universidad de Oviedo

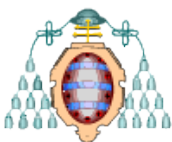


# Programa

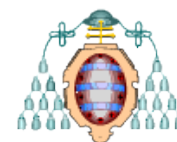


- Introducción
- Arquitectura de redes de cable
- Protocolo DOCSIS
- Ingeniería de tráfico en redes de cable
  - Dimensionado tráfico de datos
  - Dimensionado tráfico VoIP





# Abonados a servicios de banda ancha



## Abonados banda ancha fija (países OECD, febrero 2022)

- 28,7% : DSL
- 33,8% : Redes de Cable
- 32,1% : Fibra
- 4% : Otros

## Datos CNMC 2022

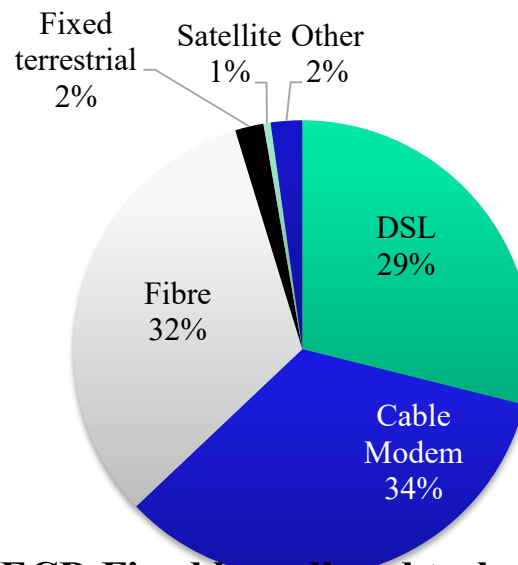
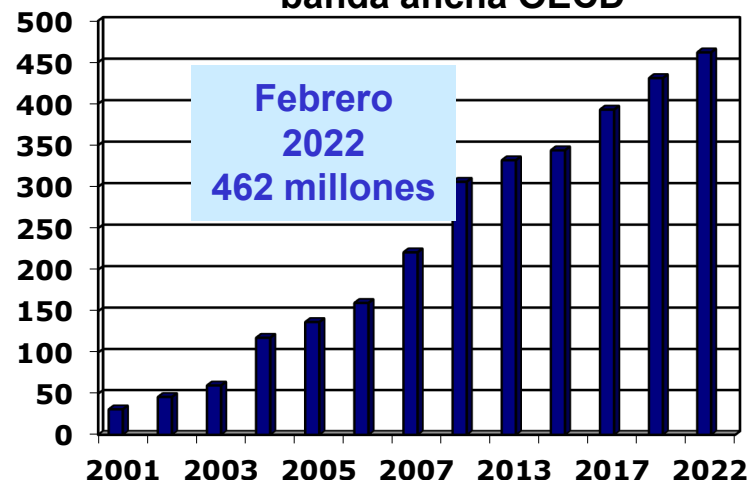
### España

- 77,6% : FTTH
- 8,5% : DSL
- 12,2% : Redes de cable
- 1.994.610 líneas HFC

### Asturias (2019)

- Total líneas: 348.210
- 42%: FTTH (144.715 líneas)
- 25%: xDSL (87.061 líneas)
- 31% : HFC (107.779 líneas)
  - Operador: Telecable

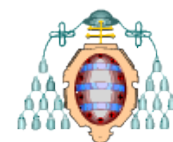
Millones de abonados  
banda ancha OECD



OECD Fixed broadband technologies



# Líneas por operador



## 3. COMUNICACIONES FIJAS - 3.2. Banda ancha fija - b) Líneas

### 37. Número de líneas de banda ancha fija por velocidad y tecnología

	xDSL	FTTH	HFC	Resto
< 2 Mbps	20.487	37	217	80
>= 2 Mbps < 10 Mbps	220.657	522	4.115	275.233
>= 10 Mbps < 30 Mbps	1.690.354	74.007	13.810	1.547
>= 30 Mbps < 50 Mbps	88.721	4.241	8.808	15.325
>= 50 Mbps < 100 Mbps	0	340.779	208.760	3.141
>= 100 Mbps	240	10.839.594	1.963.784	324
Total	2.020.459	11.259.180	2.199.494	295.650

## 3. COMUNICACIONES FIJAS - 3.2. Banda ancha fija - d) Datos por operador

Informe CNMC

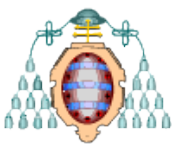
Actualización: 17/01/2022

### 40. Líneas de banda ancha fija por tecnología y por operador

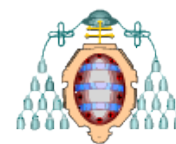
(número de líneas)

	xDSL	FTTH	HFC	WIFI-WIMAX-LMDS	Sobre red móvil	Otros	Total
Movistar	773.738	4.769.500	0	0	252.001	87	5.795.326
Orange	414.356	3.470.920	4.490	0	0	324	3.890.090
Vodafone	97.443	1.536.073	1.477.463	0	0	0	3.110.979
Grupo MASMOVIL	94.860	2.267.925	508.071	0	0	398	2.871.254
Digi	0	388.663	0	0	0	0	388.663
Resto	358	209.272	4.586	12.213	23	10.931	237.383
<b>Total</b>	<b>1.380.755</b>	<b>12.642.353</b>	<b>1.994.610</b>	<b>12.213</b>	<b>252.024</b>	<b>11.740</b>	<b>16.293.695</b>
	<b>8,5%</b>	<b>77,6%</b>	<b>12,2%</b>	<b>0,1%</b>	<b>1,5%</b>	<b>0,1%</b>	<b>100,0%</b>

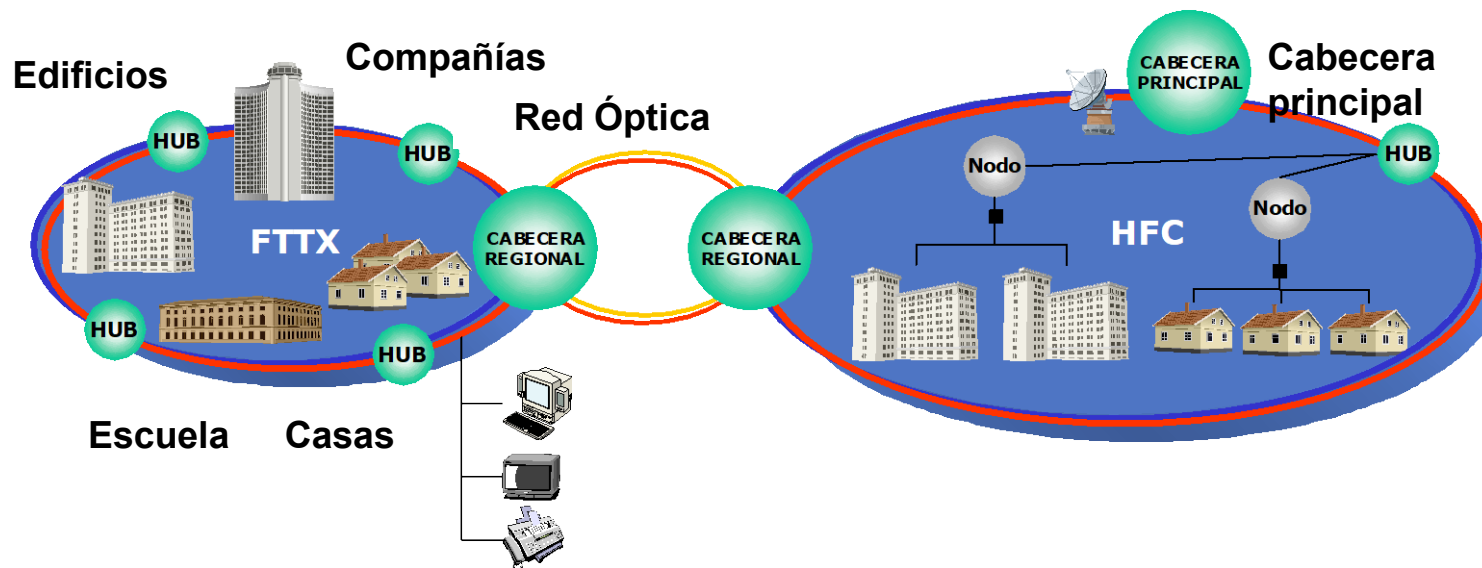
Vodafone incluye Ono, Orange incluye Jazztel, Euskaltel incluye R y TeleCable y Grupo MASMOVIL incluye Más Móvil, Pepephone, Yoigo, Xtra Telecom y Euskaltel.

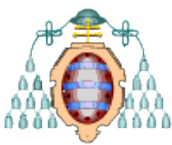


# Redes de acceso de fibra óptica

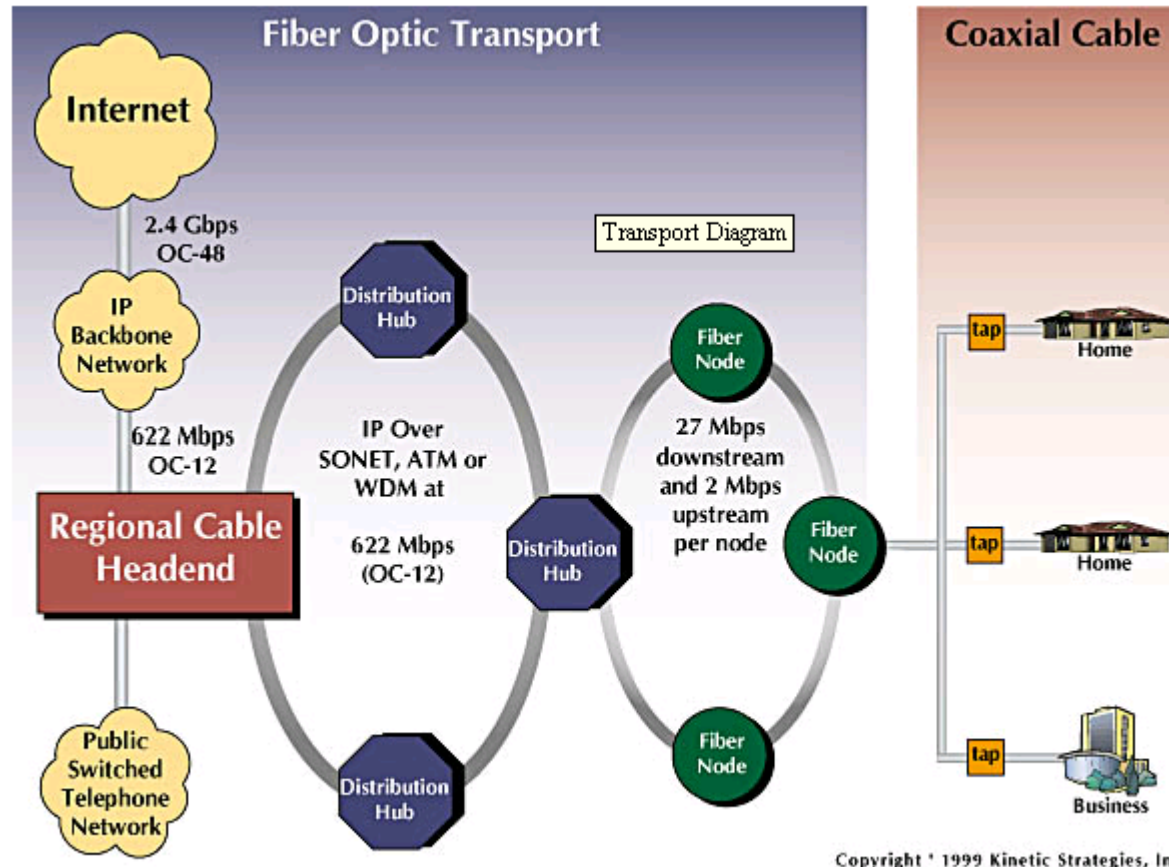
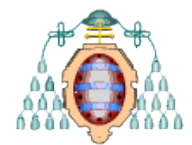


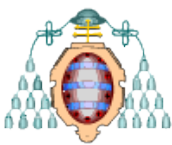
- Acceso a banda ancha
  - Tecnologías de acceso de banda ancha: HFC o FTTX
  - HFC: Hybrid Fiber Coaxial
  - FTTX: Fiber To The X (Home, Building, Curb, Service Area)



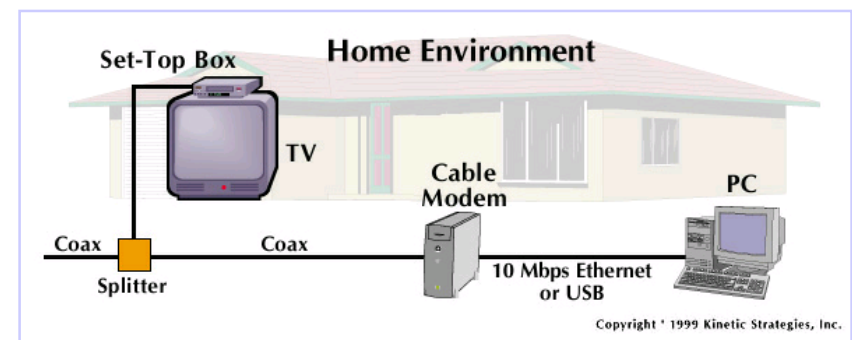
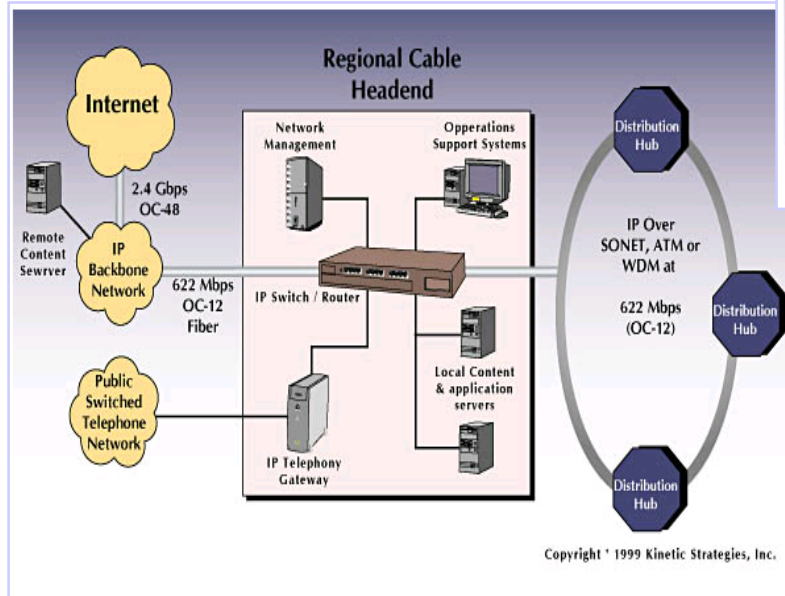
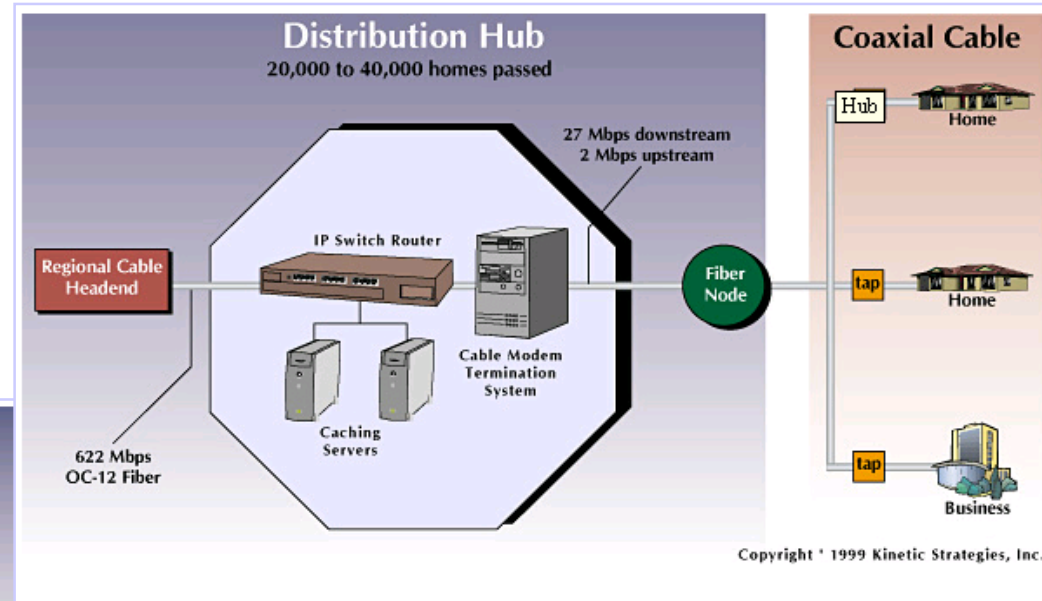
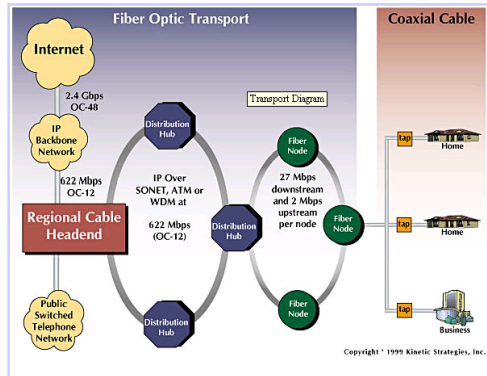
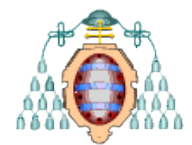


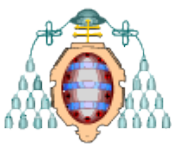
# Arquitectura de la red de datos



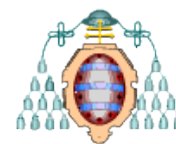


# Arquitectura de la red de datos



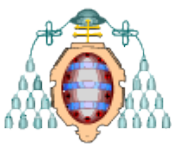


# Protocolo DOCSIS

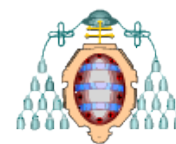


- Interés de los operadores de cable
  - Sistemas de comunicaciones de datos de alta velocidad
  - Soporte de gran variedad de servicios
- Distintas alternativas tecnológicas para el desarrollo de equipos de comunicaciones
- Cada fabricante tenía sus propios sistemas
  - Problemas de compatibilidad
- Asociación de compañías CableLabs
  - Cable Television Laboratories
- Especificaciones de interfaz para la definición, diseño, desarrollo y despliegue de sistemas de datos sobre redes de cable

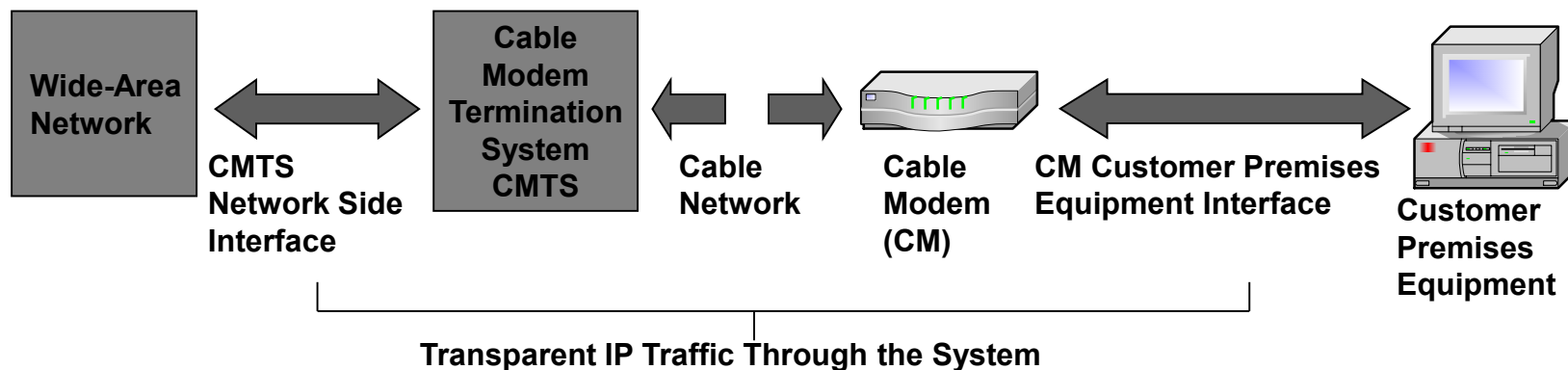


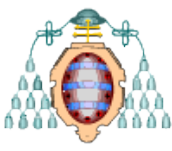


# DOCSIS

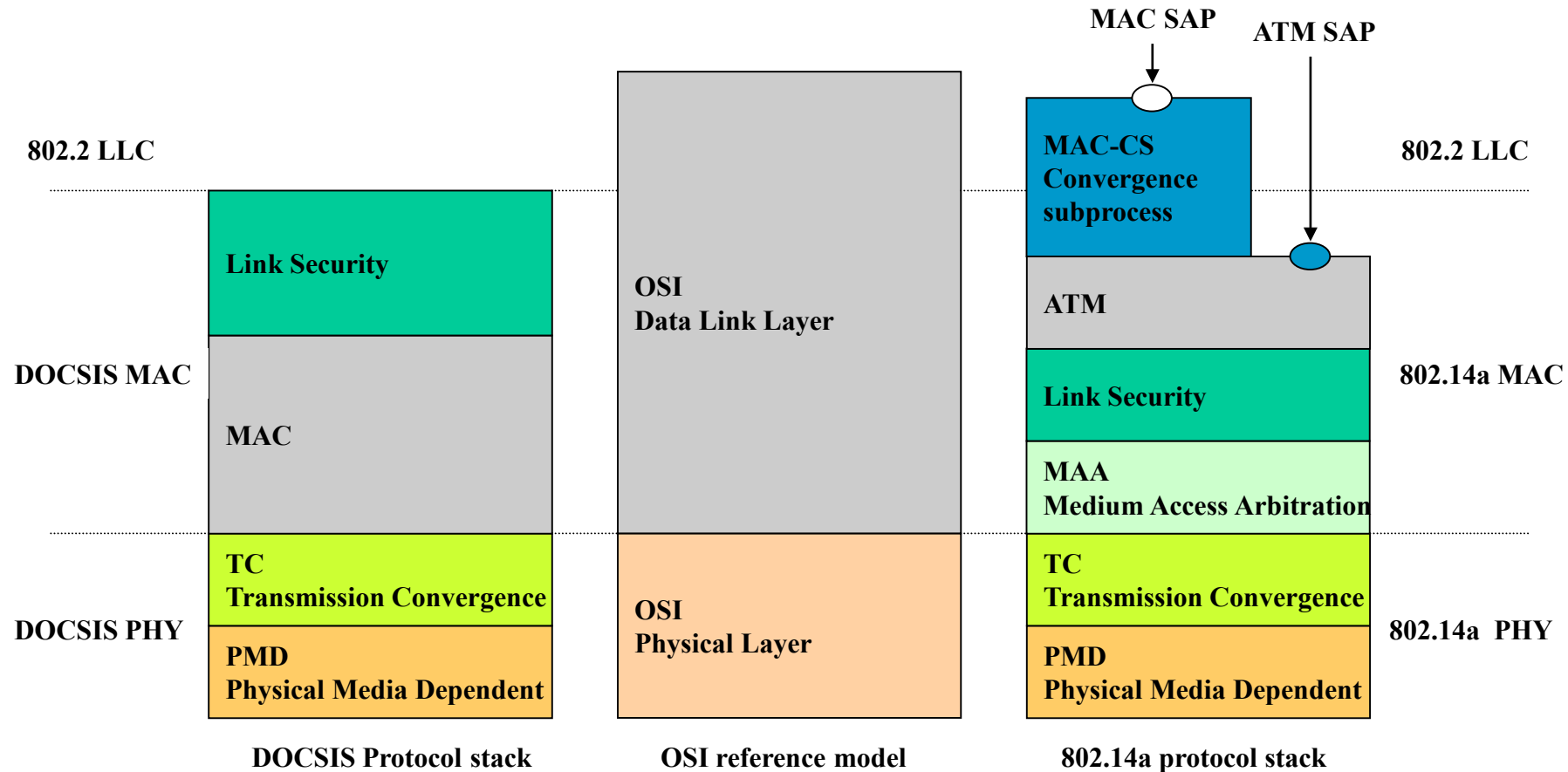
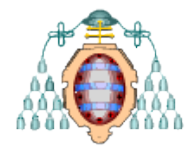


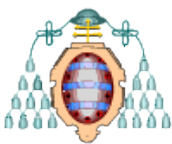
- Data Over Cable Service Interface Specification
- Esquemas de modulación, formatos de datos, protocolos
- Protocolo MAC para redes de cable
- Versiones del protocolo
  - Versión inicial - DOCSIS 1.0
  - Versión mejorada - DOCSIS 1.1 – EuroDOCSIS 1.1
    - Tipos de servicio: UGS, UGS-AD, rtPS, nrtPS, Best Effort
  - Nuevas versiones - DOCSIS 2.0, DOCSIS 3.0, DOCSIS 3.1



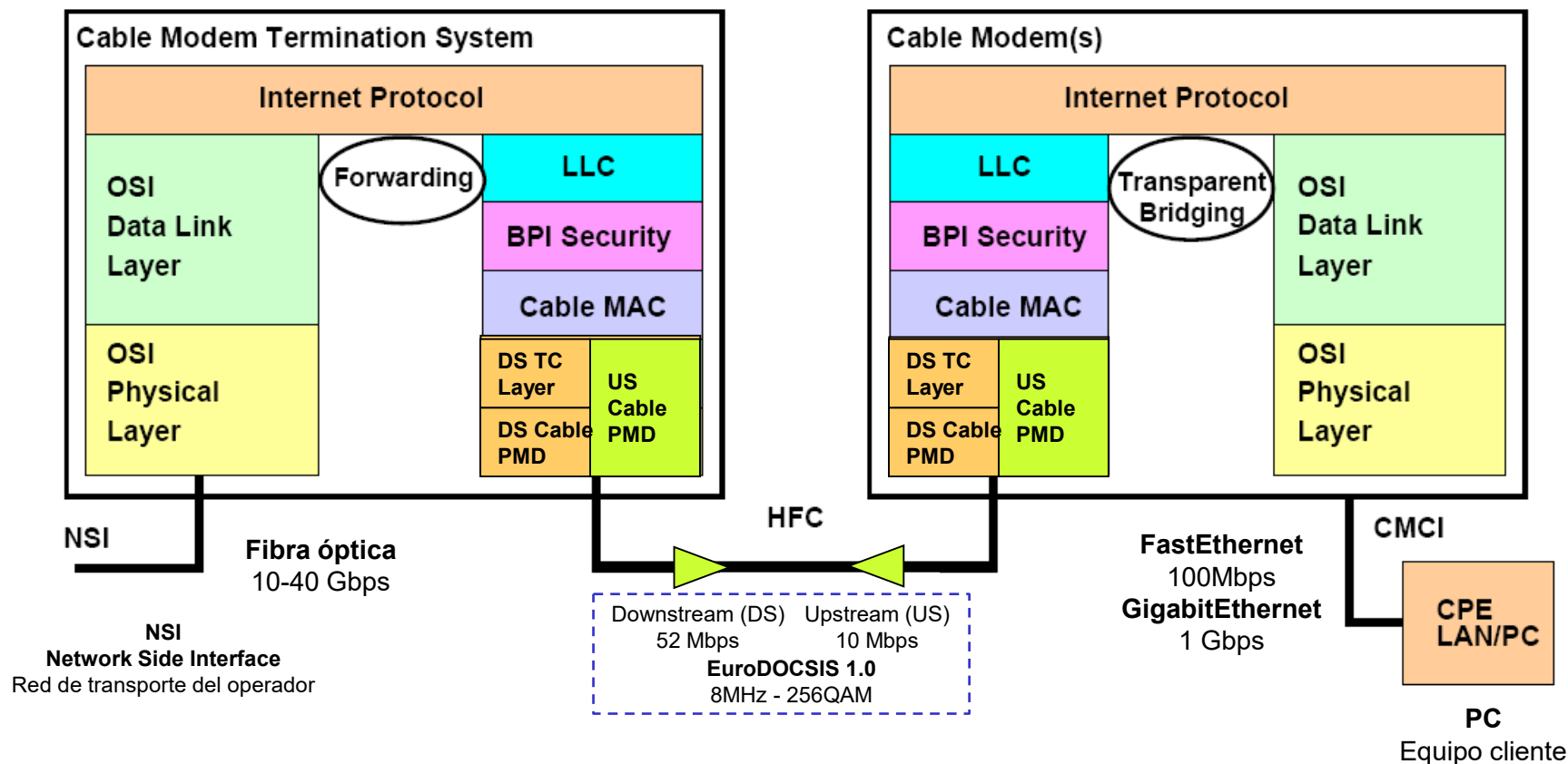
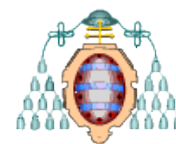


# Arquitectura de protocolos DOCSIS

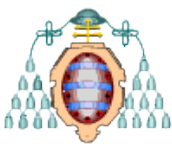




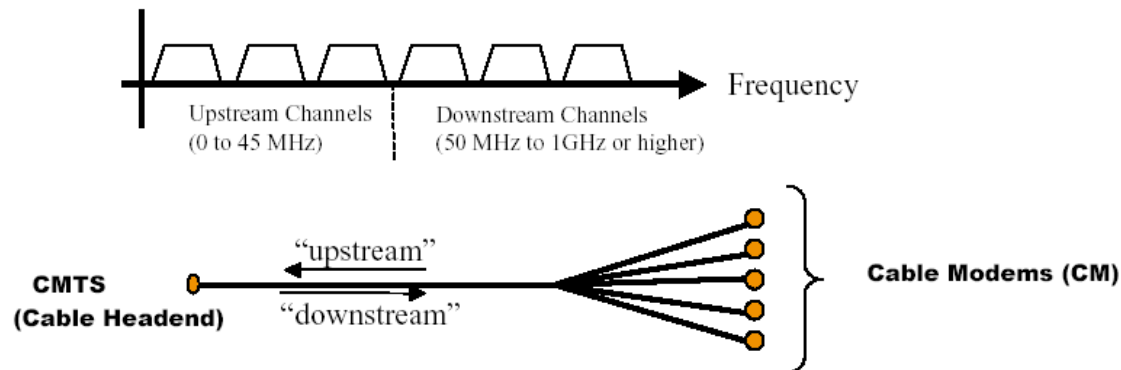
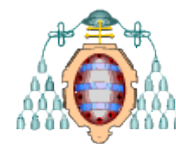
# Arquitectura de protocolos DOCSIS



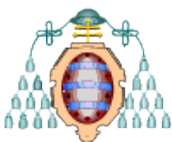
Fuente: Agilent Technologies



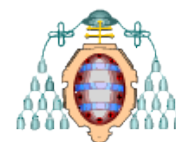
# DOCSIS 1.0



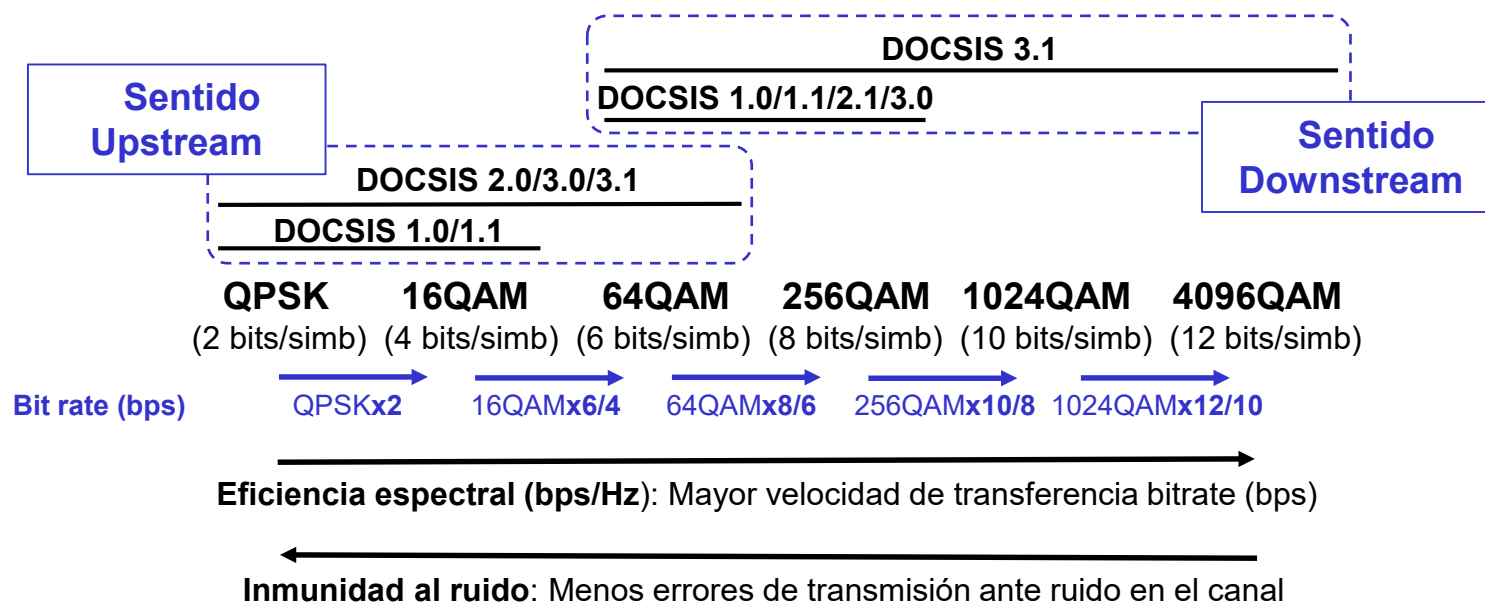
- Acceso a internet de alta velocidad
- **Transferencia de datos en sentido *downstream* (DS)**
  - 27Mbps ó 36Mbps (EuroDOCSIS: 42Mbps ó 52Mbps)
  - Frecuencias: 88-860 MHz (Norte América) 108-862 MHz (Europa)
  - Ancho canal: 6 MHz (Norte América) 8 MHz (Europa)
  - Modulación: 64QAM / 256QAM
  - Flujo continuo de datos MPEG-2
- **Transferencia de datos en sentido *upstream* (US)**
  - 320Kbps hasta 10Mbps
  - Frecuencias: 5-42 MHz (Norte América) 5-65 MHz (Europa)
  - Ancho de canal: 0.2 hasta 3.2 MHz en 5 intervalos
  - Symbol rates: 160, 320, 640, 1280, 2560 Ksym/sec
  - Modulación: QPSK / 16QAM
  - Transmisión en slots de tiempo variables, controlados por CMTS
- Al ser el cable un medio compartido, a medida que más usuarios se conectan al sistema las velocidades de transferencia disminuyen

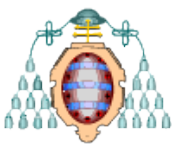


# Modulaciones en redes de cable

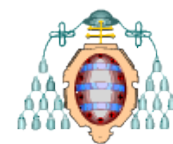


- Modulación: adaptación de una señal portadora para transmitir la información digital. Cambio de amplitud y fase de la señal (QPSK, QAM)
- Eficiencia espectral (bps/Hz)

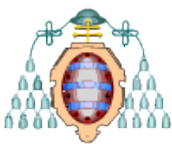




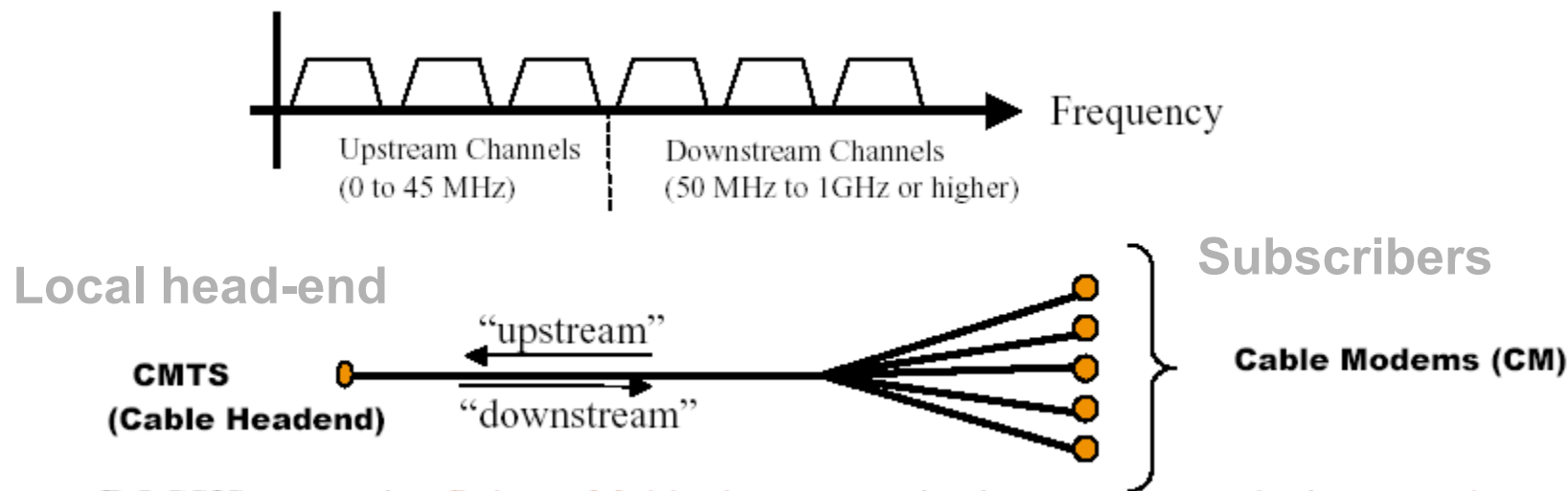
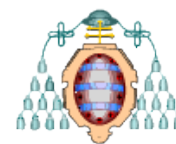
# DOCSIS 1.1



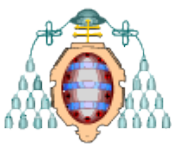
- Soporte de QoS
- Service Flows
  - Se permiten múltiples flujos de servicio por CM
  - Establecimiento dinámico de servicios
- Para disminuir retardos, jitter e incrementar la utilización del ancho de banda en upstream
  - **Fragmentation**
    - Envío de una trama de un paquete durante una oportunidad de transmisión
  - **Concatenation**
    - Envío de varias tramas durante una oportunidad de transmisión
  - **Piggyback**
    - Las solicitudes de transmisión son “piggybacked” a los datos enviados, reduciendo el retardo
  - **Payload Header Suppression (PHS)**
    - Supresión de una parte de las cabeceras de capas superiores



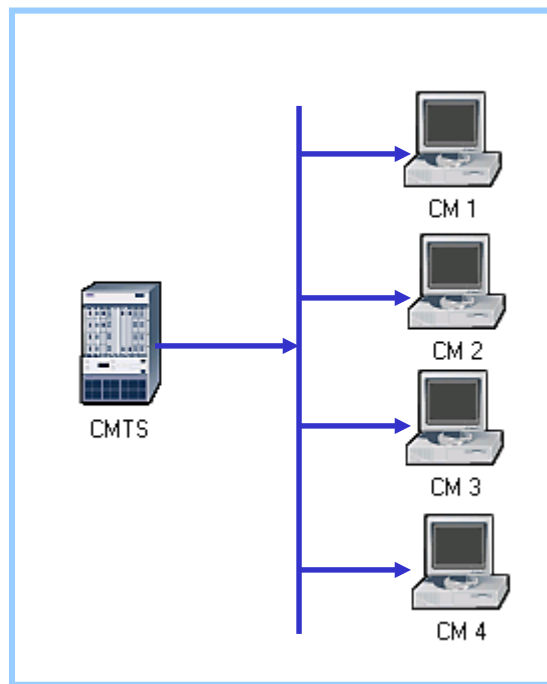
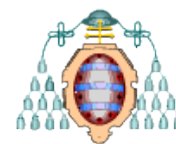
# Principios de comunicación



- La comunicación es bidireccional
  - Canal downstream: compartido por todos los abonados
  - Canal upstream: abonados asignados a los N canales upstream
- La transmisión no es simétrica (DOCSIS 1.1)
  - Canal downstream 27Mbps ó 38Mbps (EuroDOCSIS: 42Mbps ó 52Mbps)
  - Cada canal upstream 320Kbps a 10.24Mbps

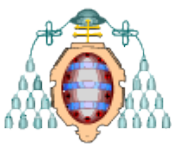


# Comunicación en canal downstream

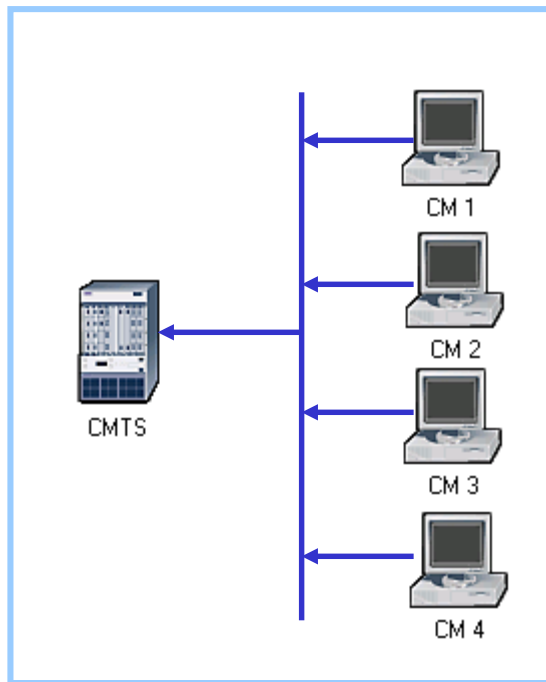
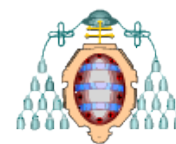


- De CMTS a los CMs
- Mensajes de datos y gestión enviados por broadcast
- Todos los CMs escuchan todas las tramas
- CMs aceptan las tramas destinadas a ellos





# Comunicación en canal upstream

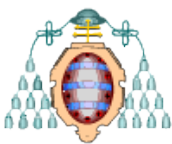


- Desde los CMs al CMTS
- Canal dividido en “mini slots” de tiempo
- Mini slot

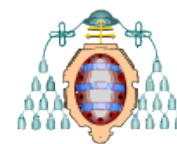
- Unidad de oportunidad de transmisión



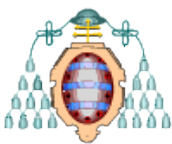
- Uso de slots gestionado por CMTS
- Slots
  - Grant (reserved) slots
    - Transmisión de datos
  - Contention (request) slots
    - Reserva de oportunidades de transmisión



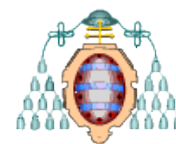
# Especificaciones capa física



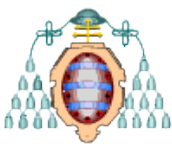
			<b>DOCSIS</b>	<b>IEEE 802.14</b>
<b>Subcapa TC</b>			MPEG-2	MPEG-2
<b>PMD</b>	<i>DS</i>	Rango RF	50/54MHz~860MHz	88MHz~860MHz
		Modulación	64 y 256 QAM	64 y 256 QAM
		Canal	6 MHz (NTSC) 8 MHz (PAL)	6 ó 8 MHz
	<i>US</i>	Rango RF	5 ~ 42 MHz	5MHz ~ 42MHz
		Modulación	QPSK y 16QAM	QPSK y 16QAM
		Velocidad	160·M Kbaudios M=1,2,4,8,16	160·M Kbaudios M=1,2,4,8,16



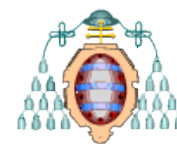
# Operaciones en la capa MAC



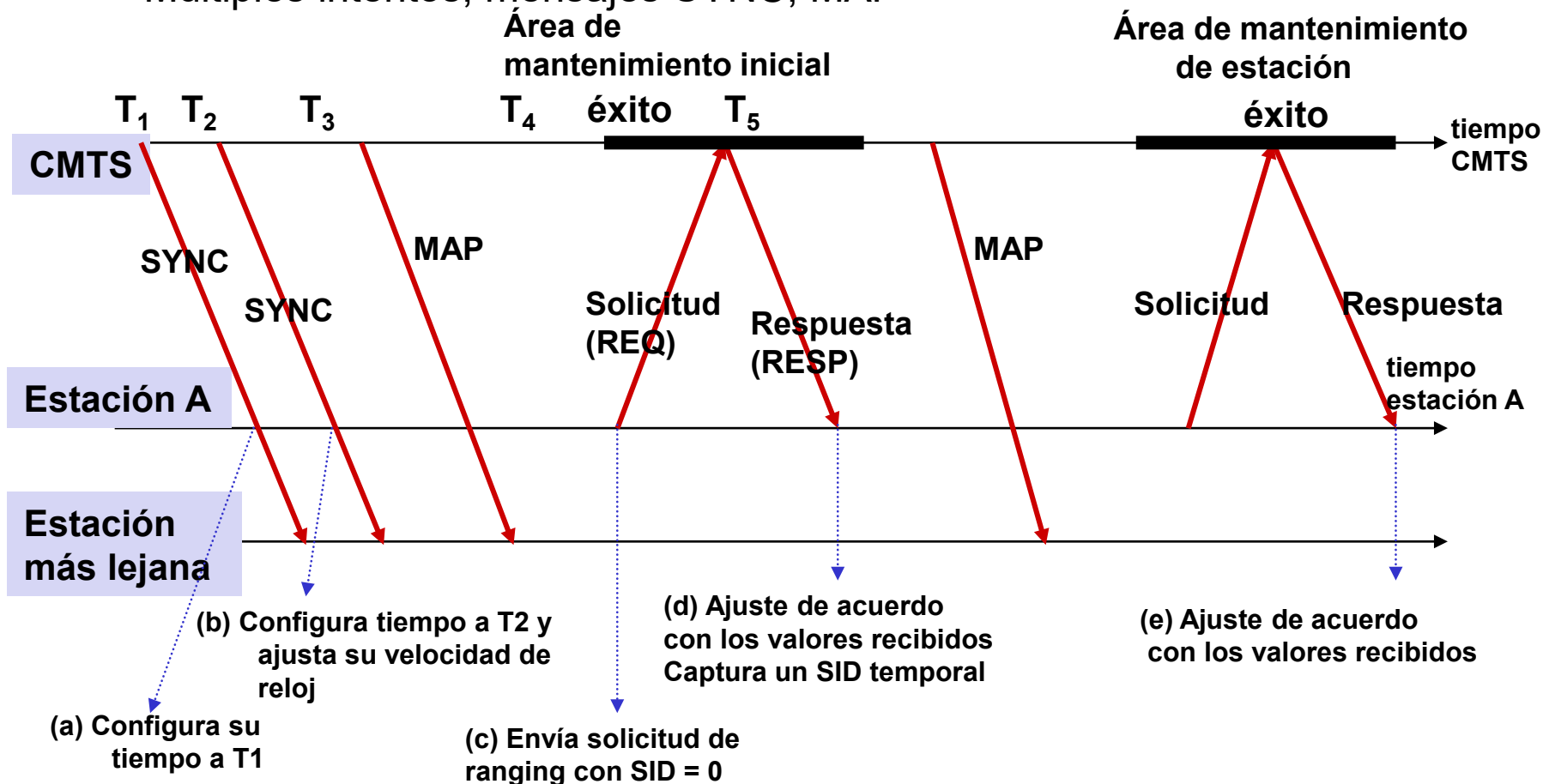
- Fase de inicialización
  - Ranging
- Fase de transferencia de información
  - Intervalos upstream
  - Gestión del ancho de banda
  - Mensajes MAP
  - Colas virtuales
  - Seguridad en la capa de enlace de datos
  - Servicios de QoS
  - Algoritmos de resolución de colisiones

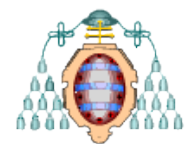


# Proceso de ranging

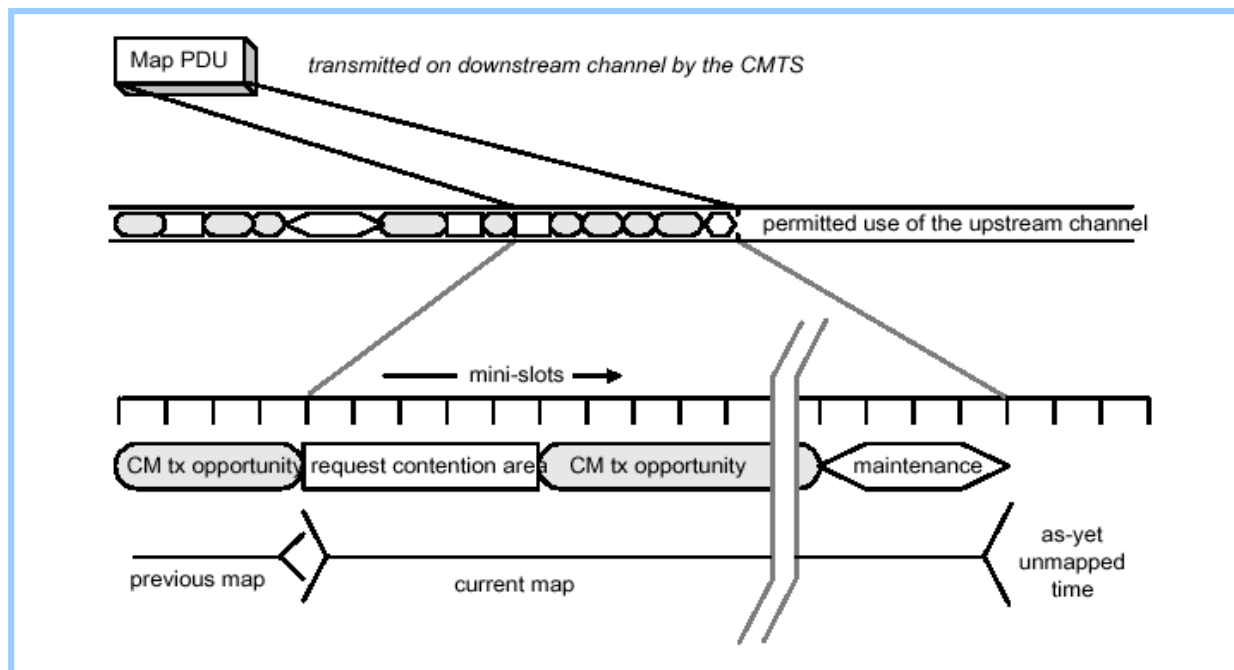


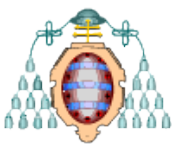
- Medir offset desde CMTS hasta CM
- Múltiples intentos, mensajes SYNC, MAP



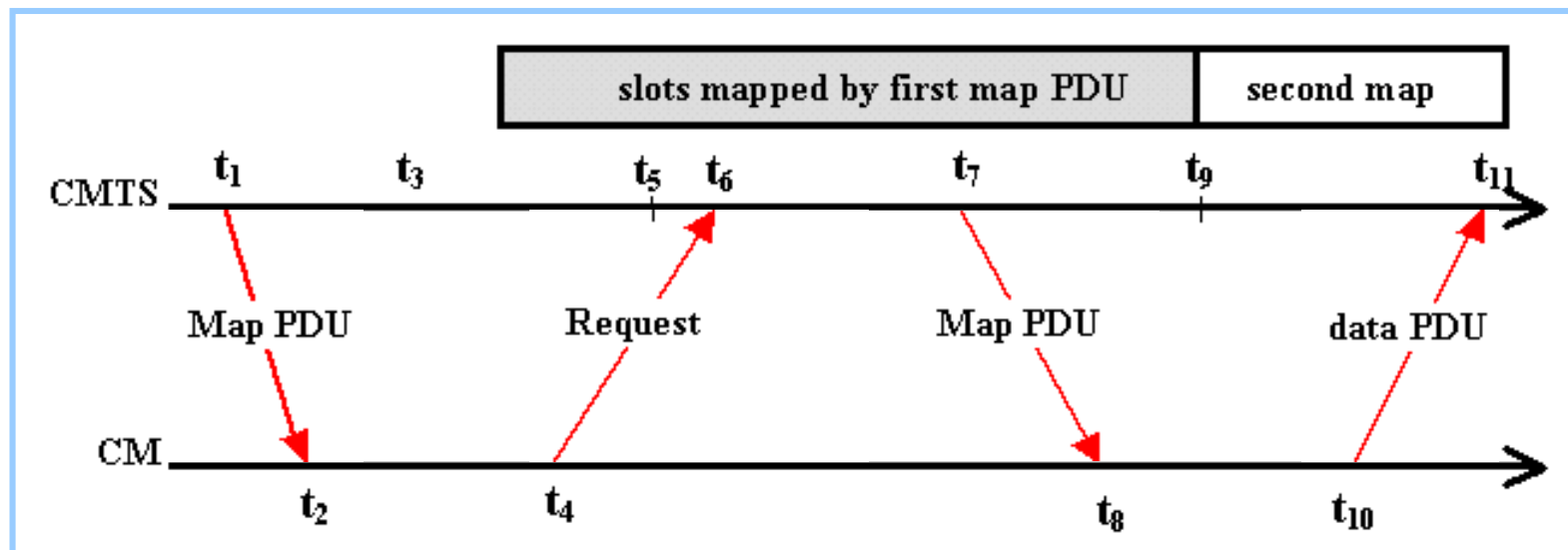
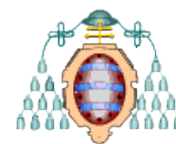


- CMTS asigna el uso de ancho de banda en upstream
- Bandwidth Allocation MAP message
  - Describe uso de slots
  - Difundidos periódicamente por CMTS en downstream
  - Usado por CM para determinar cuándo enviar datos en upstream

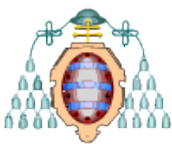




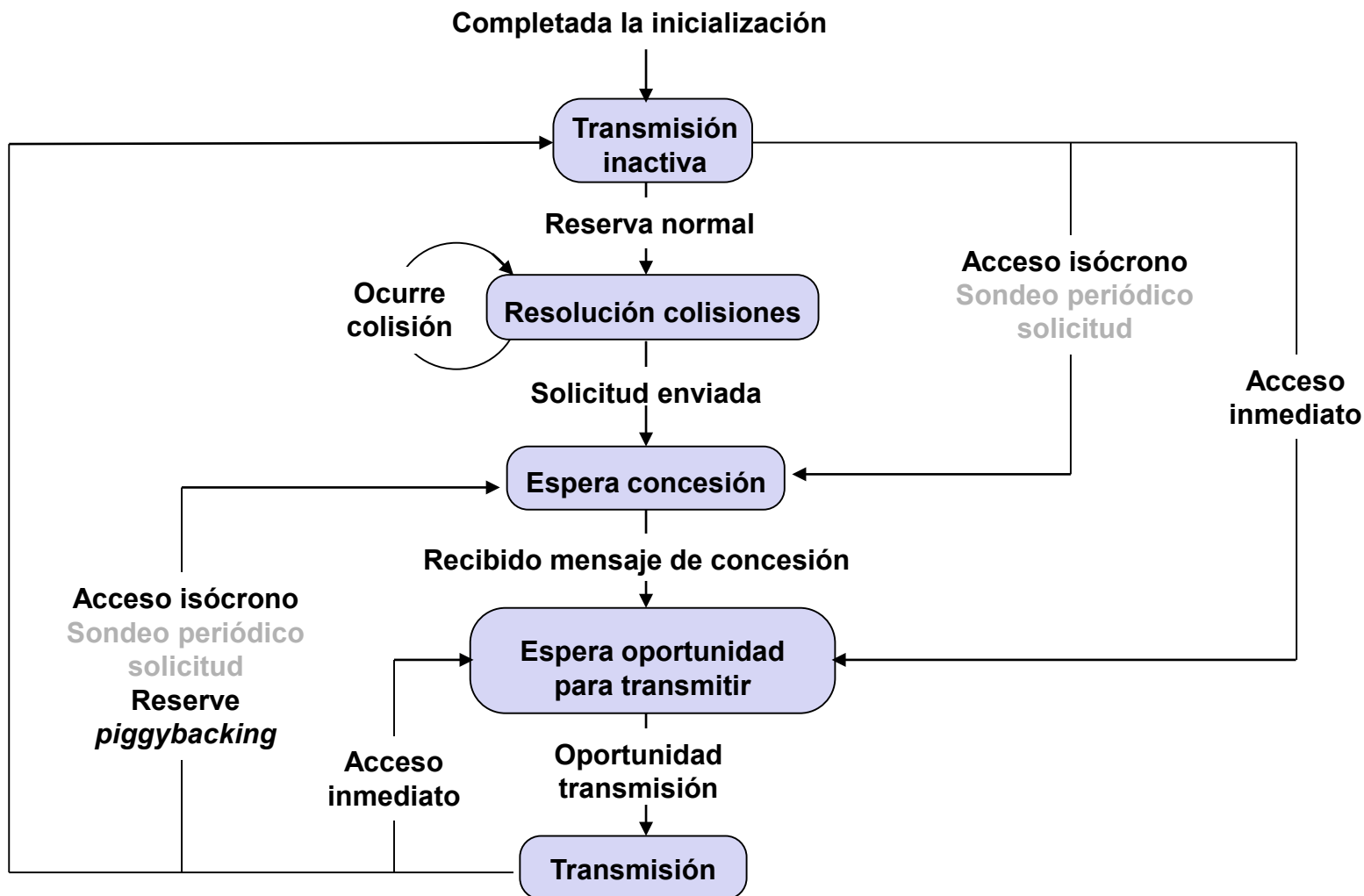
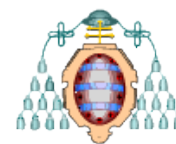
# Transmisión en upstream

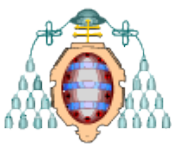


- $t_2$ : CM receives a MAP, scans for request opportunities and calculates  $t_6$
- $t_4$ : CM transmits the request so that it is received by CMTS at  $t_6$
- $t_7$ : CMTS transmits the map and issues a grant for CM starting at  $t_{11}$
- $t_{10}$ : CM transmits data

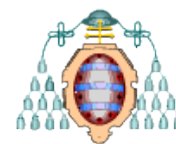


# Mecanismos de transmisión



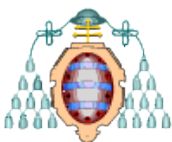


# QoS: Tipos de servicio en upstream

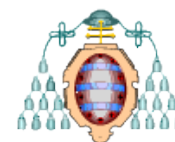


- **Best Effort**
  - Patrón “Request, grant, request, grant”
  - “Requests” → slots de contención “Datos” → slots reservados
- **Unsolicited Grant Service (UGS)**
  - Flujos de tiempo real que generan paquetes de datos de tamaño fijo de forma periódica (VoIP)
  - Ofrece concesiones de tamaño fijo para enviar datos de forma periódica. No necesita solicitud
- **Real-Time Polling Service (rtPS)**
  - Flujos en tiempo real que generan datos de tamaño variable de forma periódica, como video MPEG
- **Non-real Time Polling Service (nrtPS)**
  - Similar a nrtPS, pero las concesiones son menos frecuentes y también puede enviar datos en los slots de contención
- **Unsolicited Grant Service with Activity Detection (UGS-AD)**
  - Similar a UGS, pero como rtPS cuando no hay datos, para ahorrar ancho de banda -VoIP con supresión de silencios activada

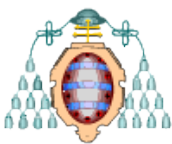




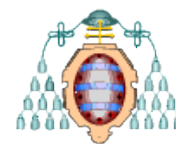
# Servicios en DOCSIS



Servicio	Parámetros QoS	Modos de acceso	Aplicaciones
<b>UGS</b>	Tamaño de <i>grant</i> no solicitada Intervalo nominal de <i>grant</i> <i>Jitter</i> de <i>grant</i> tolerado	Acceso isócrono	VoIP
<b>UGS-AD</b>	Tamaño <i>grant</i> no solicitada Intervalo nominal de <i>grant</i> <i>Jitter</i> de <i>grant</i> tolerado Intervalo nominal de sondeo <i>Jitter</i> de sondeo tolerado	Acceso isócrono Sondeo periódico de solicitud	VoIP con supresión de silencios
<b>rtPS</b>	Intervalo nominal de sondeo <i>Jitter</i> de sondeo tolerado	Sondeo periódico de solicitud Reserva <i>piggybacking</i>	Videoconferencia, video bajo demanda
<b>nrtPS</b>	Intervalo nominal de sondeo Tasa mínima de tráfico reservada Tasa máxima de tráfico sostenida Prioridad de tráfico	Sondeo periódico de solicitud Reserva <i>piggybacking</i> Acceso inmediato	FTP de gran ancho de banda
<b>Best-Effort</b>	Tasa mínima de tráfico reservada Tasa máxima de tráfico sostenida Prioridad de tráfico	Reserva normal Reserva <i>piggybacking</i> Acceso inmediato	telnet, FTP, WWW

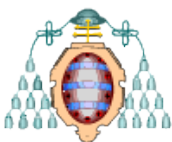


# DOCSIS 2.0

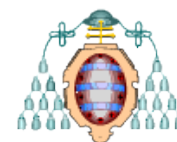


- Capacidad para servicios simétricos
- Incremento del ancho de banda en upstream
- Mejora de la eficiencia espectral
- DOCSIS 2.0 es compatible con DOCSIS 1.x

	Máximo ancho de banda por canal (MHz)	Eficiencia espectral (Modulación)	BW máximo por canal (bps)
<b>DOCSIS 1.0</b>	3.2 MHz	1.6 bps/Hz (QPSK)	5.12 Mbps
<b>DOCSIS 1.1</b>	3.2 MHz	3.2 bps/Hz (16QAM)	10.24 Mbps
<b>DOCSIS 2.0</b>	6.4 MHz	4.8 bps/Hz (64QAM ó 128QAM/TCM)	30.72 Mbps

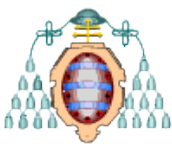


# DOCSIS 3.0

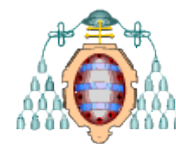


- Estándar DOCSIS con soporte IPv6
- *Channel bonding*
  - Uso de múltiples canales US y DS al mismo tiempo por un único abonado
  - Redundancia
  - Incrementar *throughput*

	Upstream	Downstream
<b>DOCSIS 1.1</b>	10 Mbps	38 Mbps
<b>DOCSIS 2.0</b>	30 Mbps	40 Mbps
<b>DOCSIS 3.0</b>	120 Mbps	160 Mbps
<b>DOCSIS 3.1</b>	1 Gbps	10 Gbps



# Resumen DOCSIS



- Elementos de red
  - *Cable modem (CM)*
  - *Cable Modem Termination System (CMTS)*
- Comunicación
  - Downstream: *broadcast* de datos a todos los CM
  - Upstream: *allocation MAP message*
    - Determinan el uso de los slots de tiempo
- Mensajes MAP contienen
  - *Grant slots*
  - *Contention slots*
- Varios tipos de servicio
  - UGS, rtPS, UGS-AD, nrtPS, BE, CIR
- QoS Support
  - Fragmentación, concatenación, piggyback, PHS
- Capacidades de las nuevas versiones
  - DOCSIS 2.0, DOCSIS 3.0, DOCSIS 3.1