

upna

Universidad Pública de Navarra  
Nafarroako Unibertsitate Publikoa

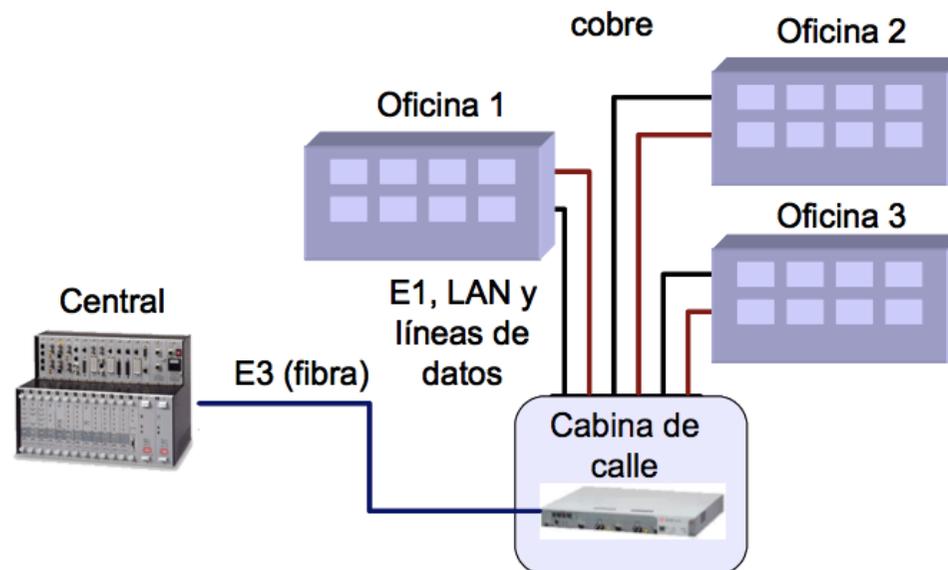


**FTTx**



# Fibra

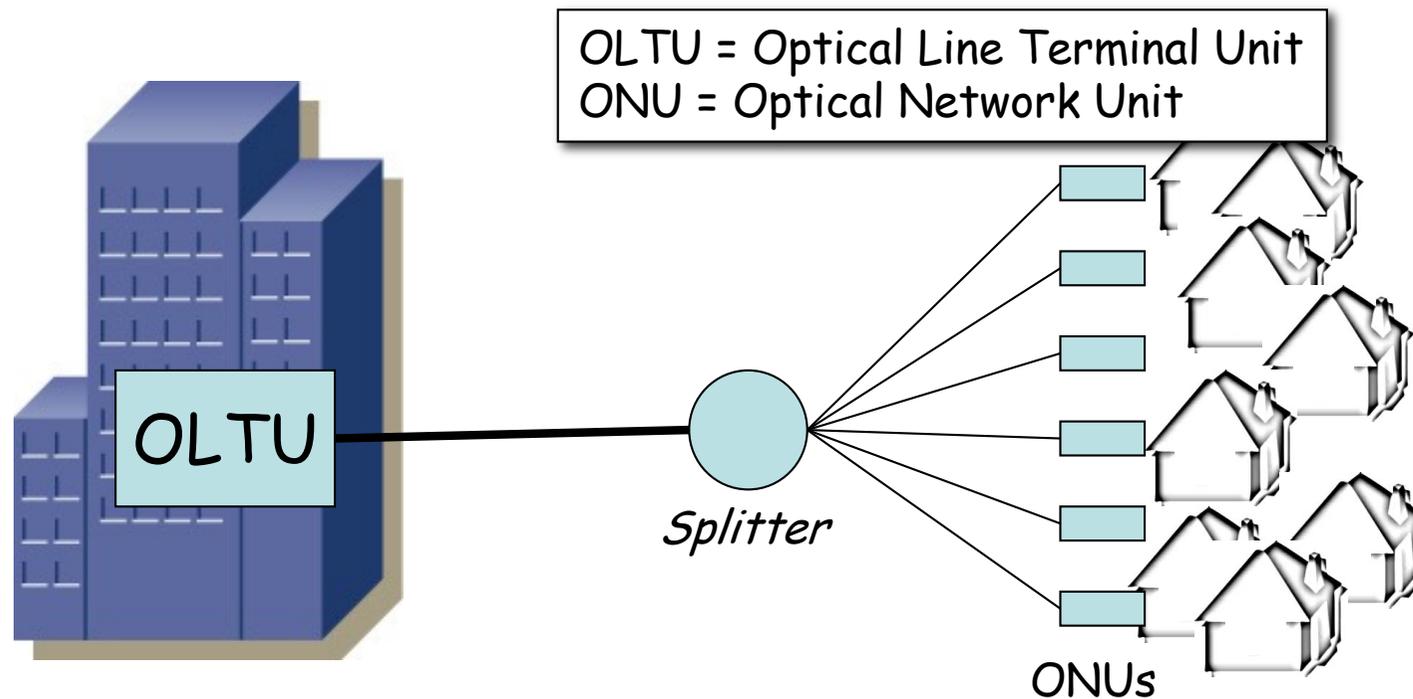
- FTTX = Fiber To The X
- Acercar la fibra al abonado
- FTTH = Fiber To The Home (hasta casa)
- FTTC = Fiber To The Curb (hasta la acera)
- FTTB = Fiber To The Building (hasta el edificio)
- FTTP = Fiber To The Premises
- FTTU = Fiber To The User
- FTTO = Fiber To The Office
- FTTCab = Fiber To The Cabinet
- Habitualmente en árbol
- Puede ser punto a punto



# Fibra

## PON = Passive Optical Network

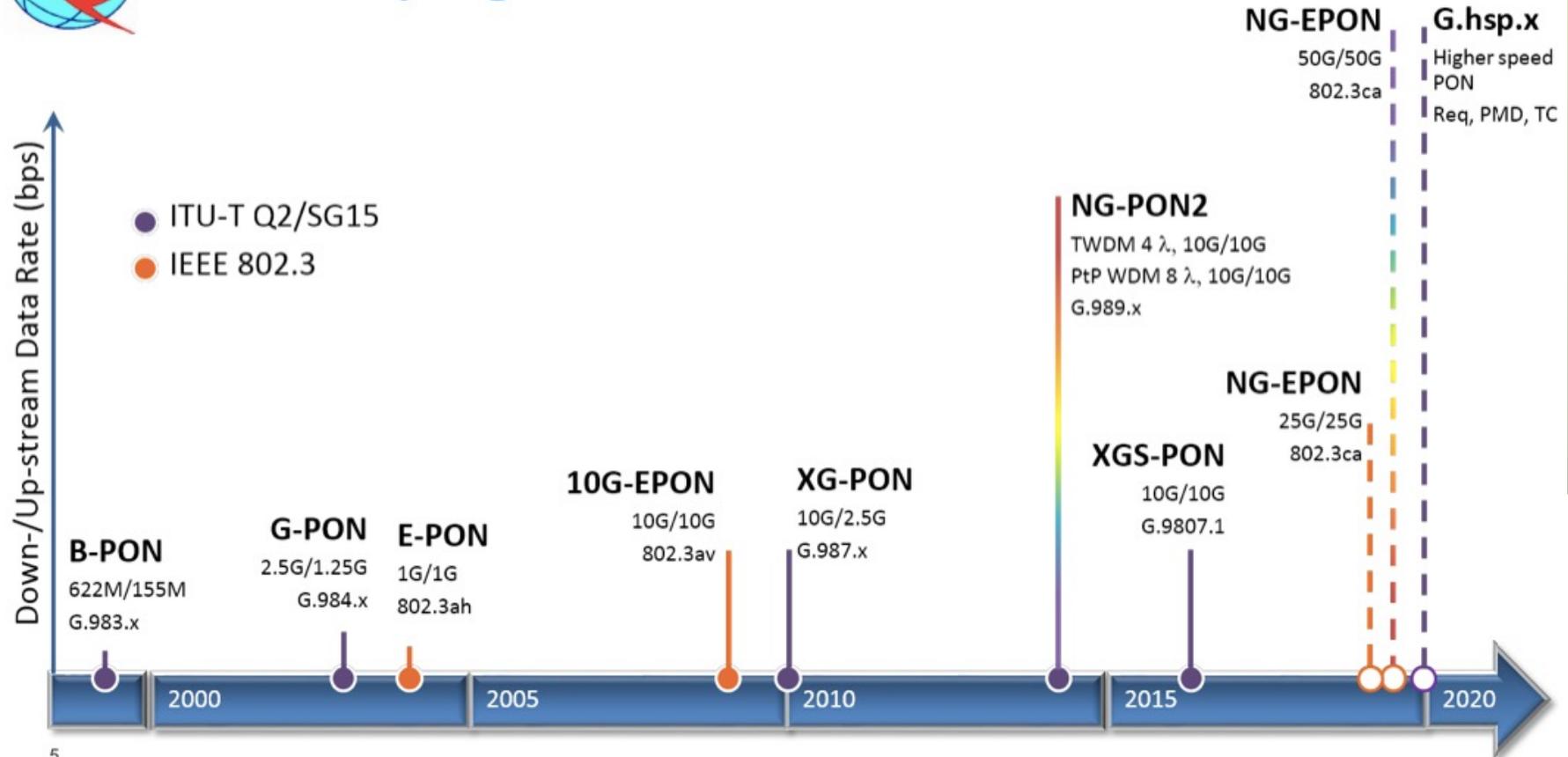
- E-PON: Ethernet PON (802.3ah): 1Gbps, 10-20Km, Ethernet
- A-PON: ATM PON (G.983.1): 155Mbps-1.2Gbps, 20Km, ATM
- B-PON: Broadband PON (G.983.3): 155Mbps-1.2Gbps, 20Km, ATM
- G-PON: Gigabit PON (G.984.1): 155Mbps-2.4Gbps, 10-20Km, Ethernet
- XG-PON: 10G PON (G.987): 2.4-10Gbps, 60Km
- NG-PON2: 40G PON (G.989)



# PONs



## Recent progress in PON standards



5

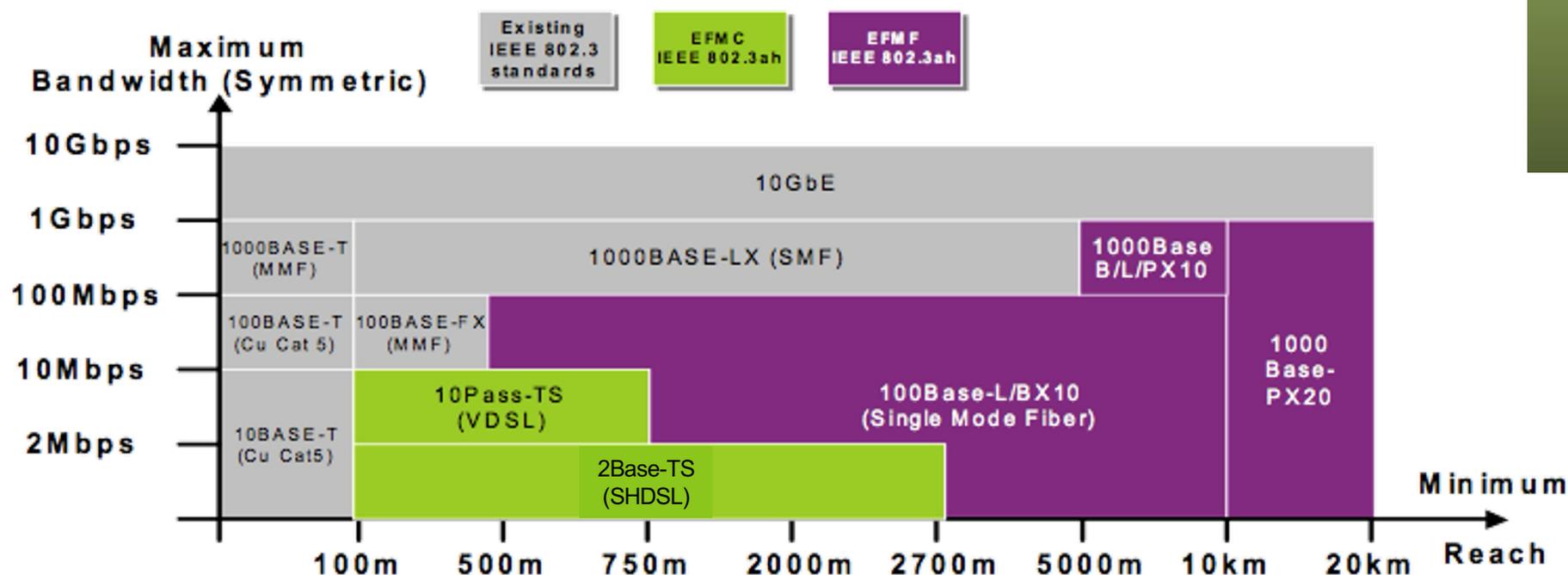
upna

Universidad Pública de Navarra  
Nafarroako Unibertsitate Publikoa

# EFM 802

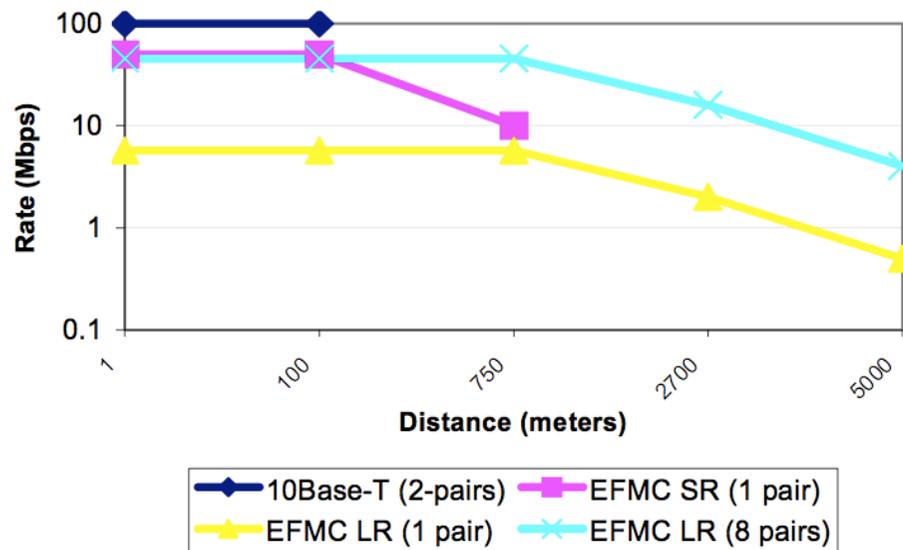
# Ethernet in the First Mile

- 802.3ah (ya es parte de 802.3)
- EFMC: Ethernet in First Mile for voice-grade Copper
- EFMF: Ethernet in First Mile using point-to-point Fiber topology
- EFMP: Ethernet in First Mile using point-to-multipoint topology, based on Passive optical networks (PONs)

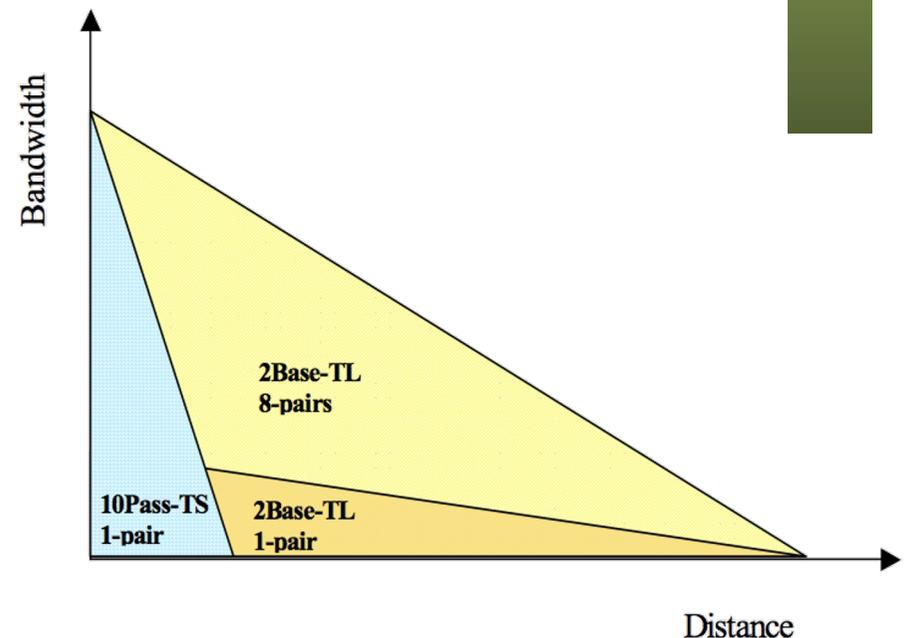


# EFM sobre cobre

- Punto-a-punto, solo full-duplex
- *Voice grade copper*
- Los interfaces de ambos extremos son diferentes (CO side y CPE side) pero velocidad simétrica
- 2BASE-TL: 2Mb/s@2700m, mínimo 192Kb/s, máx 5.7Mb/s, basado en SHDSL
- 10PASS-TS: 10Mb/s@750m, basado en VDSL
- Son mínimos, equipos comerciales suelen soportar valores superiores



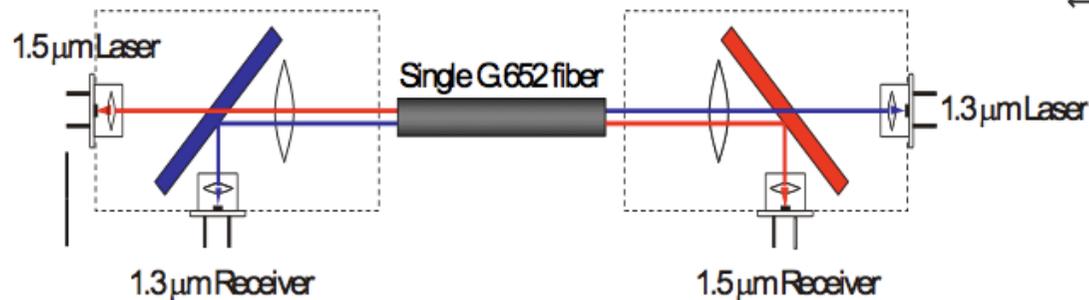
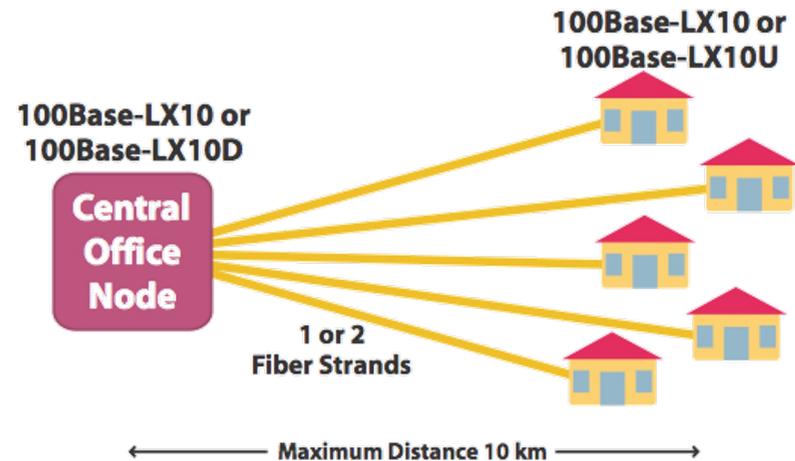
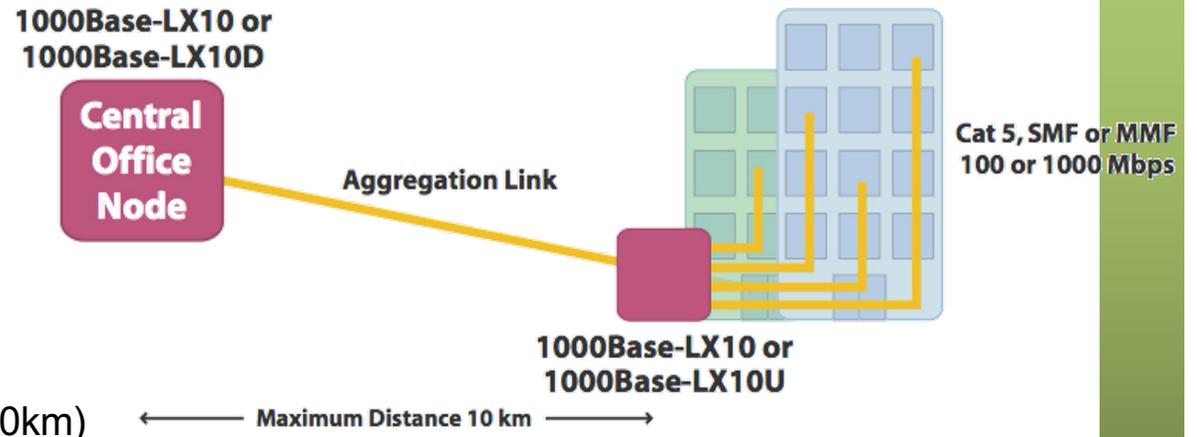
**Figure 1: Distances and bandwidth for 10BASE-T, EFMC SR and EFMC LR**



# EFM sobre fibra

## Punto-a-punto:

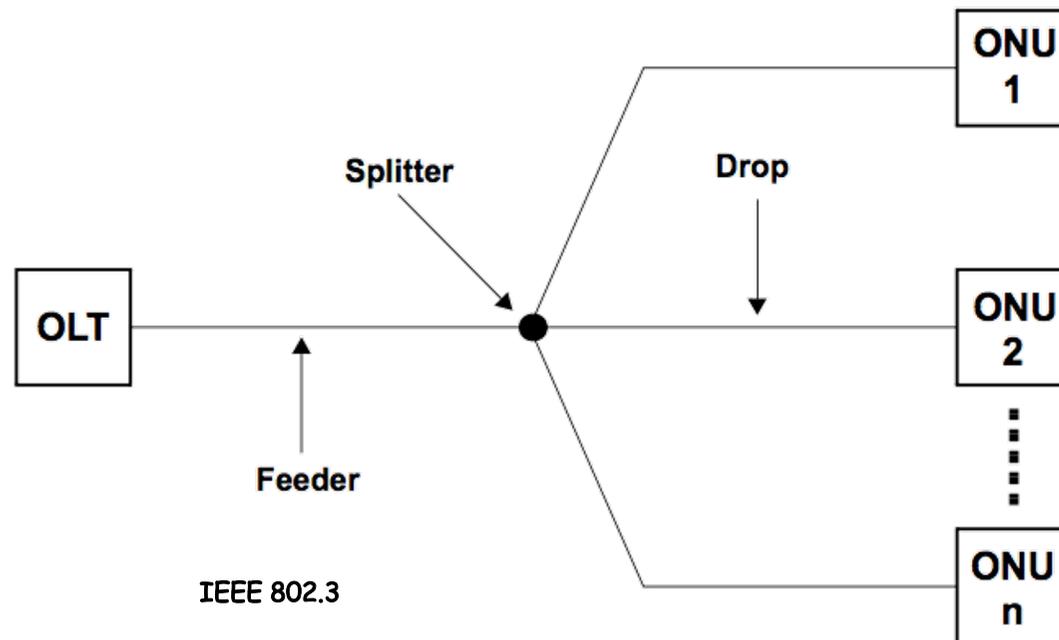
- 100Mb/s y 1000Mb/s
- 100BASE-LX10:
  - Dos SMF (10km)
- 100BASE-BX10:
  - Una SMF
  - Diferente  $\lambda$  cada sentido (10km)
- 1000BASE-LX10:
  - Dos SMF (10km) o dos MMF (550m)
- 1000BASE-BX10:
  - Una SMF (10km)



# EFM sobre fibra

## EPON:

- Punto-a-multipunto pasiva
  - Full-duplex
  - Diferente  $\lambda$  uplink y downlink
  - Los interfaces extremos son diferentes (*CO side* y *CPE side*)
  - 1000BASE-PX10:
    - Monomodo, 10km
  - 1000BASE-PX20:
    - Monomodo, 20km
  - Al menos 1:16
- OLT controla cuándo pueden transmitir las ONUs
  - MAC
    - Modificado para p2mp
    - No CSMA/CD
    - MPCP (Multi-Point Control Protocol)



# 10G-EPON

- 802.3av-2009
- Modificación a 802.3-2008
- Extiende EPON:
  - 10Gbps simétricos
  - 10Gbps downstream y 1Gbps upstream
  - Compatible con 1Gbps EPON: Cambia capa física, no MAC
  - Al menos 10 y 20Km (según velocidad)
  - Split ratio de 1:16 y 1:32

# NG-EPON

- IEEE 802.3ca (4 de junio de 2020)
- “Physical Layer Specifications and Management Parameters for 25 Gb/s and 50 Gb/s Passive Optical Networks”
- Objetivos:
  - Single SMF
  - 25G-EPON: 25Gb/s downstream, 10Gb/s o 25Gb/s upstream
  - 50G-EPON: 50Gb/s downstream, 10Gb/s, 25Gb/s o 50Gb/s upstream

upna

Universidad Pública de Navarra  
Nafarroako Unibertsitate Publikoa

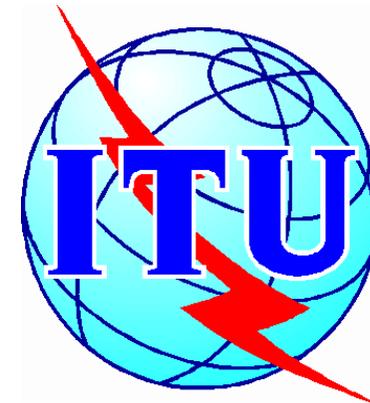


# PONs ITU-T



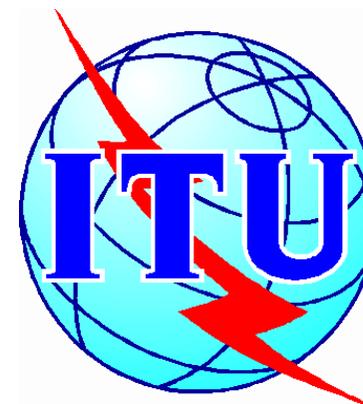
# B-PON

- Broadband PON
- G.983.x
- Downstream line rates: 155.52, 622.08 y 1244.16 Mb/s
- Upstream line rates: 155.52 y 622.08 Mb/s
- Simétricos o asimétricos (todas las combinaciones con downstream  $\geq$  upstream)
- Fibra monomodo (un par o una sola con WDM - *diplex*)
- Split ratio de al menos 1:16 ó 1:32
- Upstream TDMA
- Frame es básicamente un conjunto de celdas ATM (mayor número a mayor velocidad)



# G-PON

- Gigabit-capable Passive Optical Networks
- G.984.x
- Downstream 2.4 Gb/s
- Upstream 1.2 ó 2.4 Gb/s (simétrico o asimétrico)
- Máxima distancia de 10-20 km (aceptaría hasta 60 km)
- Considera split-ratio de 1:64 ó 1:128
- Empleando una fibra única o un par
- Upstream TDMA
- Soporta transporte de ATM
- También encapsulado GEM
  - G-PON Encapsulation Method (no ATM)
  - Transporte orientado a conexión
  - Tramas de tamaño variable (por ejemplo Ethernet)
  - Soporta fragmentación
  - Varias clases de servicio
- Puede transportar flujos TDM (de varias formas)



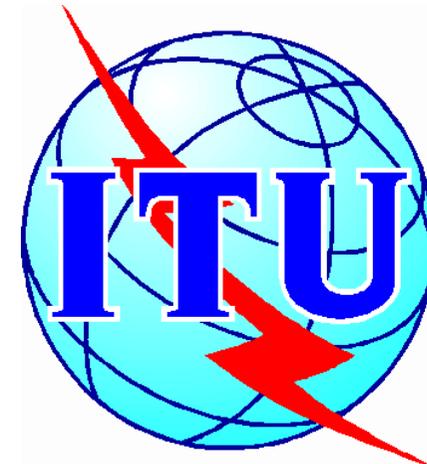
# XG-PON

- 10-Gigabit-capable Passive Optical Network
- También llamado NG-PON1 o XG-PON1
- G.987.x
- Downstream 10 Gb/s
- Upstream 2.4 Gb/s
- Compatible con G-PON (diferentes wavelengths)
- Encapsulado XGEM (puede transportar por sobre él Ethernet o MPLS)
- Hasta 60 km
  
- XGS-PON (ITU-T G.9807.1 2016)
  - 10 Gb/s simétricos (compatible con XG-PON)
  - 1:64 hasta 1:256 split
  - Al menos 20 km



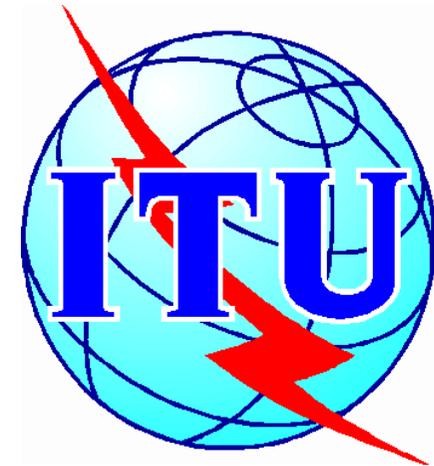
# NG-PON2

- 40-Gigabit-capable Passive Optical Network
- G.989.1 (marzo-2013) “General requirements”
- G.989.2 (diciembre 2014) “Physical Media Dependent layer specification”
- Mezcla de TDM y WDM, por lo que se le llama TWDM PON
- Básicamente 4 XG-PON empleando 4 longitudes de onda
- Downstream 40 Gbps (agregado)
- Upstream 10-40 Gbps (agregado)
- Hasta 60Km
- Split ratio de al menos 1:256
- G.989.3 las modificaciones a la capa de convergencia (Transmission Convergence) de G.987.3



# 50G-PON

- G.9804.3 (2021)
  - 50Gb/s downstream
  - 12.5Gb/s o 25Gb/s upstream
- 2023: 50Gb/s upstream
- Split-ratio de al menos 1:64
- Mínimo 20Km (hasta 60Km)



upna

Universidad Pública de Navarra  
Nafarroako Unibertsitate Publikoa

# Accesos desagregados o indirectos

# Competencia

- Telefónica operador monopolista hasta finales de los
- Apertura a competencia le dejaba en ventaja
- Para favorecer la competencia se le ha obligado a vender servicios mayoristas
- Es decir, dar acceso a su red a operadores de la competencia
- El acceso físico hasta el abonado en su hogar/empresa puede ser propiedad de Telefónica, pero debe entregar el tráfico a otro operador con quien ha contratado servicio
- Hoy en día existen municipios fuera del control regulado porque en ellos ya existe oferta suficiente en competencia

# Ofertas reguladas

- Oferta de Acceso al Bucle de Abonado (OBA)
- Oferta de Interconexión de Referencia IP (OIR-IP)
- Oferta de Referencia de Líneas Alquiladas (ORLA)
- Mayorista de Acceso a Registros y Conductos (MARCo)
- Referencia para el Acceso a los Centros emisores de Cellnex (ORAC)
- Nuevo servicio Ethernet de Banda Ancha (NEBA)
- Acceso desagregado virtual al bucle de fibra óptica (NEBA Local)



upna

Universidad Pública de Navarra  
Nafarroako Unibertsitate Publikoa

# Accesos desagregados en la OBA

# OBA

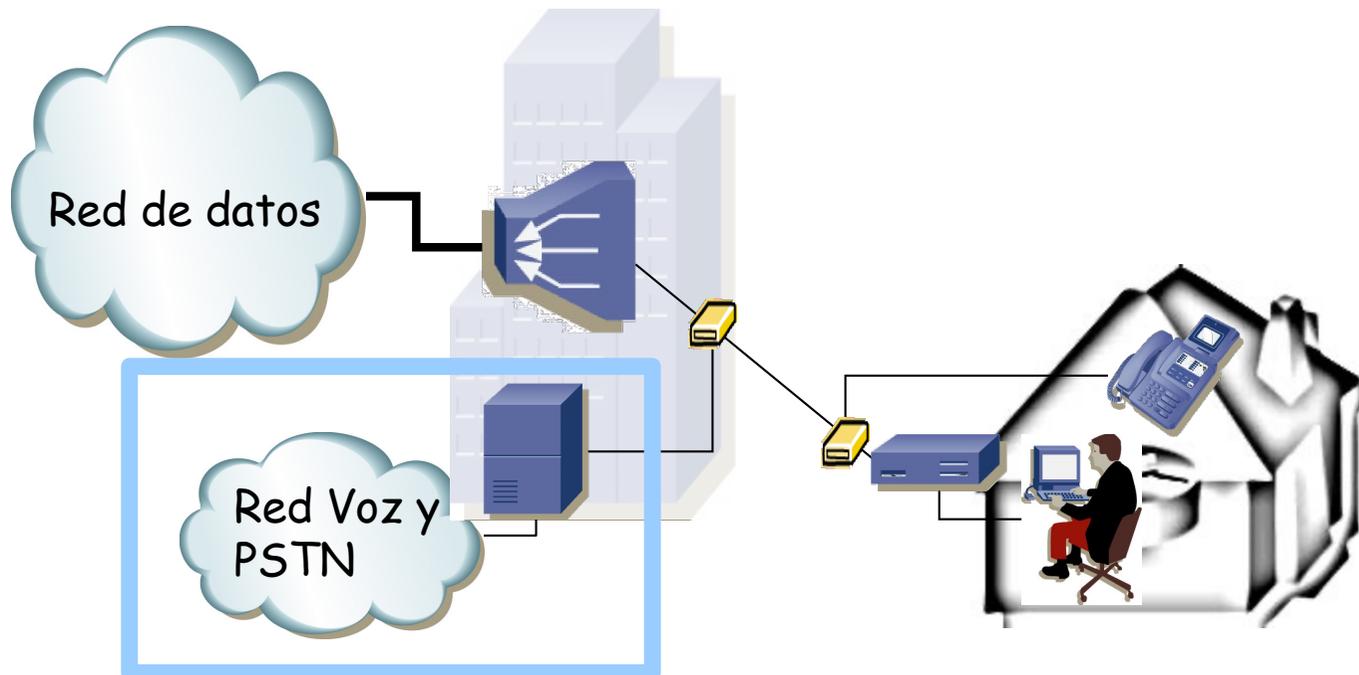
- Oferta de acceso mayorista al Bucle de Abonado
  - Acceso desagregado
    - Telefónica alquila el par de cobre del abonado
  - Acceso indirecto
    - Telefónica concentra el tráfico de los abonados seleccionados

## Acceso desagregado

- *Unbundled Local Loop (ULL)*
- Se puede prestar cualquier servicio ADSL que permita la línea
- El operador alternativo debe disponer de equipos en la central (hay más de 6.000)
- Telefónica debe ofrecerle espacio (coubicación)
- Dos variantes:
  - ...

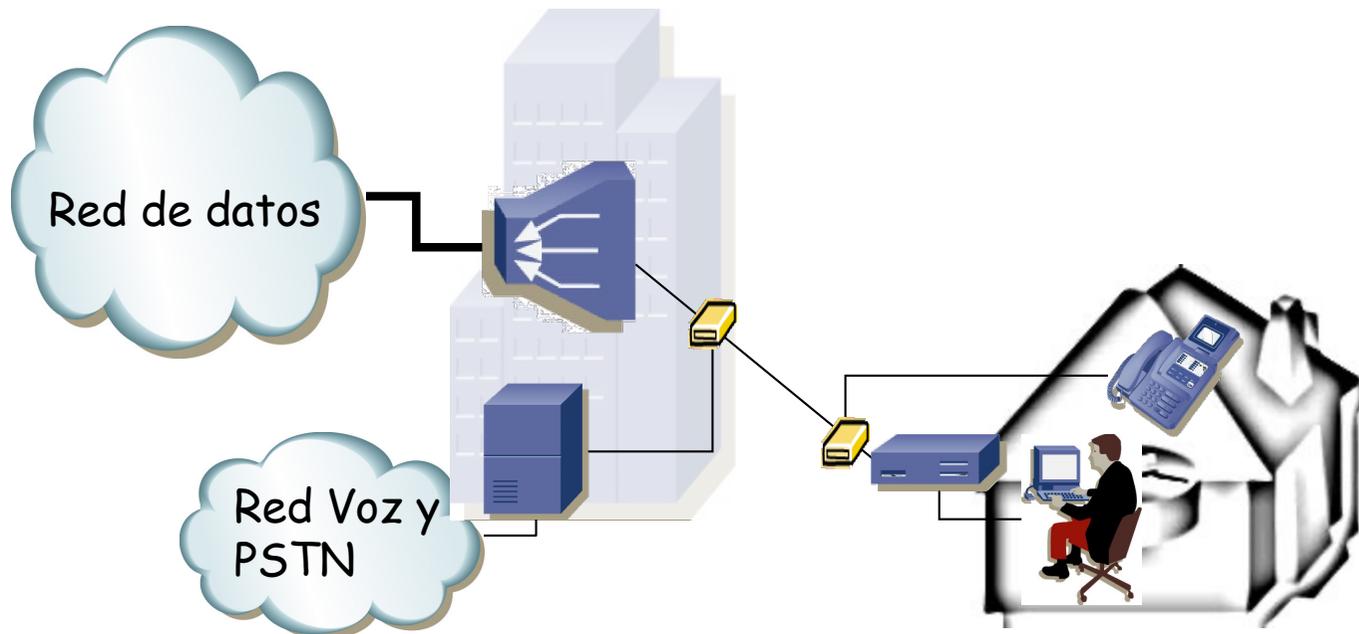
# Acceso desagregado

- Dos variantes:
  - Desagregado compartido (*Shared Access*)
    - Telefónica continúa ofreciendo el servicio telefónico
  - ...



# Acceso desagregado

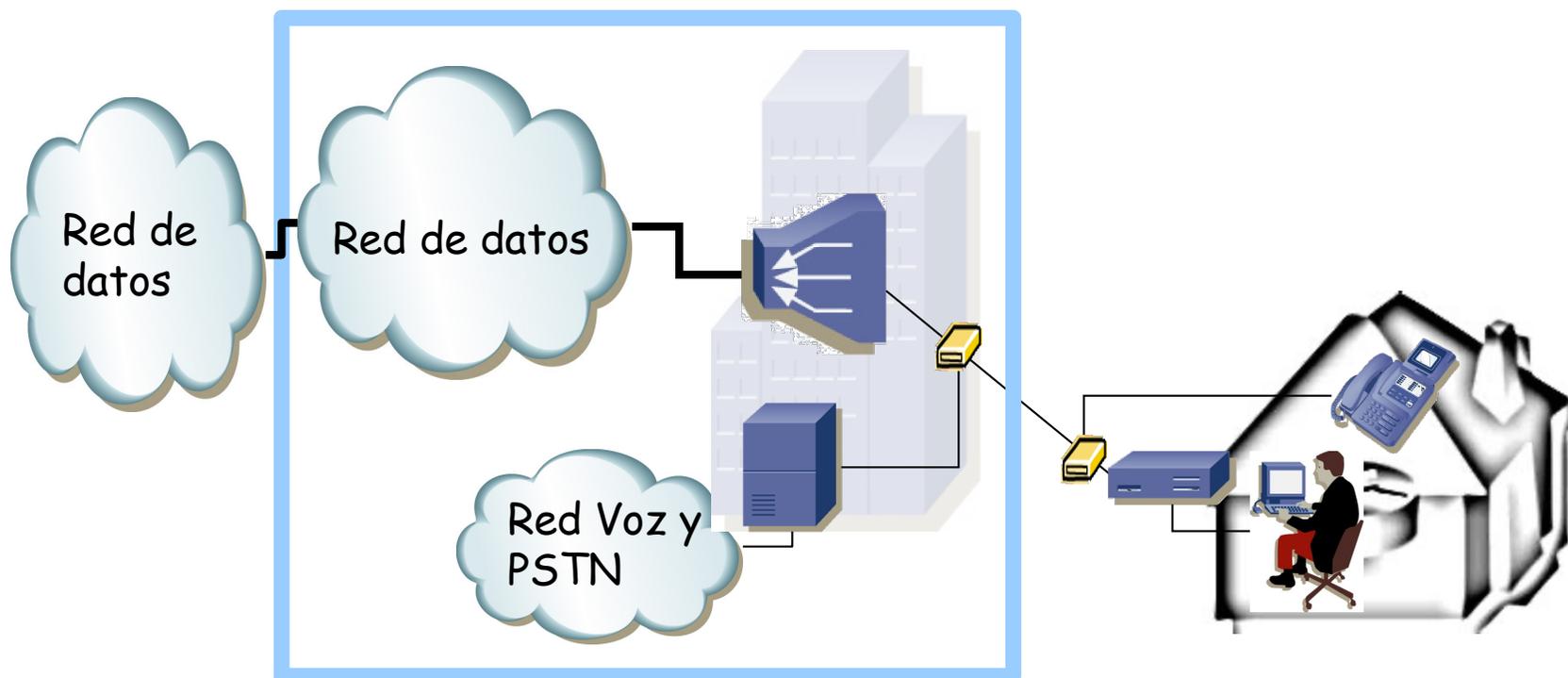
- Dos variantes:
  - Desagregado compartido (*Shared Access*)
    - Telefónica continúa ofreciendo el servicio telefónico
  - Completamente desagregado (*Full Unbundled*)
    - Puede ofrecer cualquier servicio



# OBA

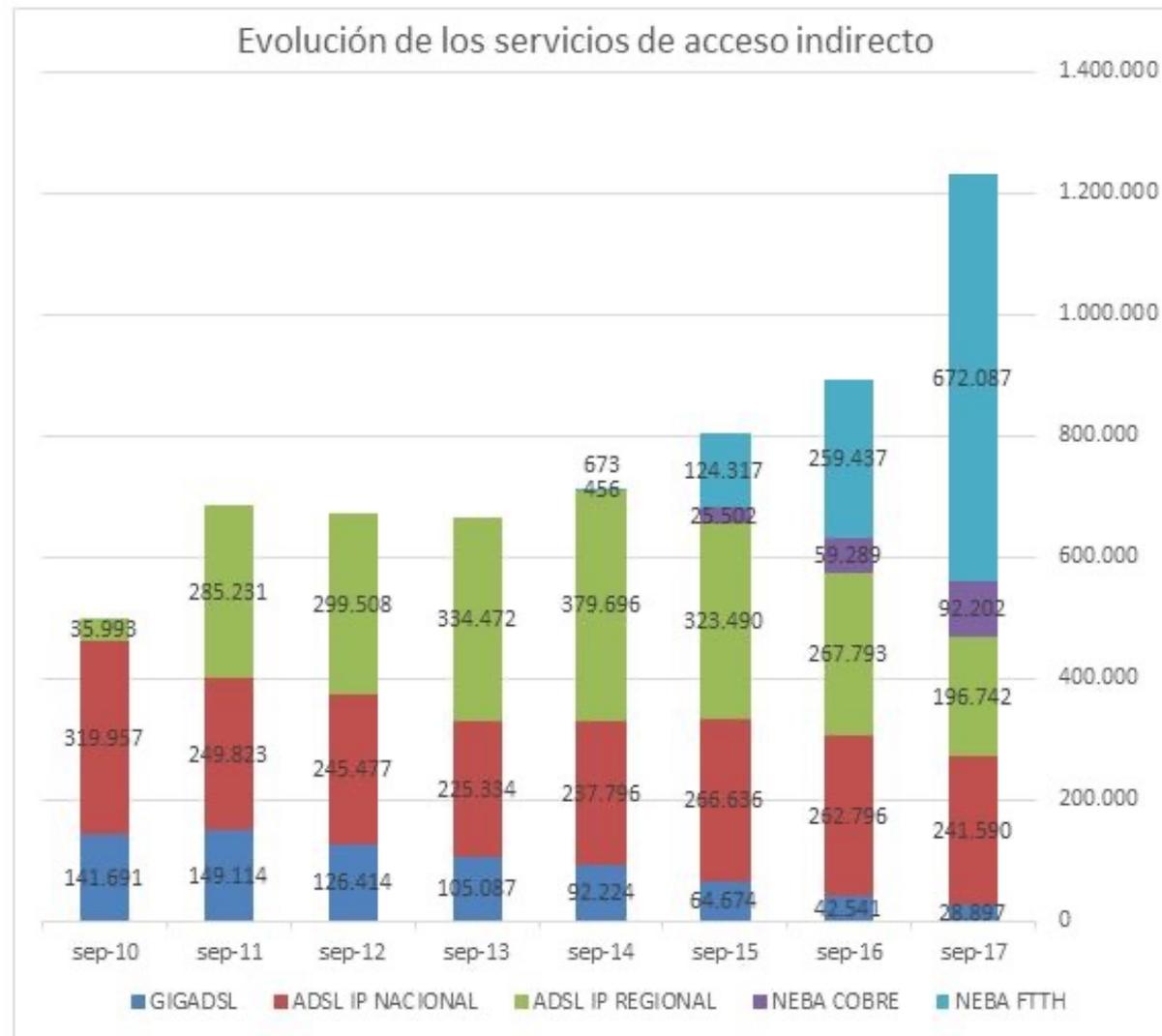
## Acceso indirecto

- Solo modalidades de ADSL que ofrezca Telefónica
- GigADSL
  - Red ATM de Telefónica
  - Concentra tráfico de un conjunto de usuarios hasta un PAI (Punto de Acceso Indirecto) por demarcación
  - Existen 109 demarcaciones



# GigaADSL

- Desde 1999
- Cierre en 2019



upna

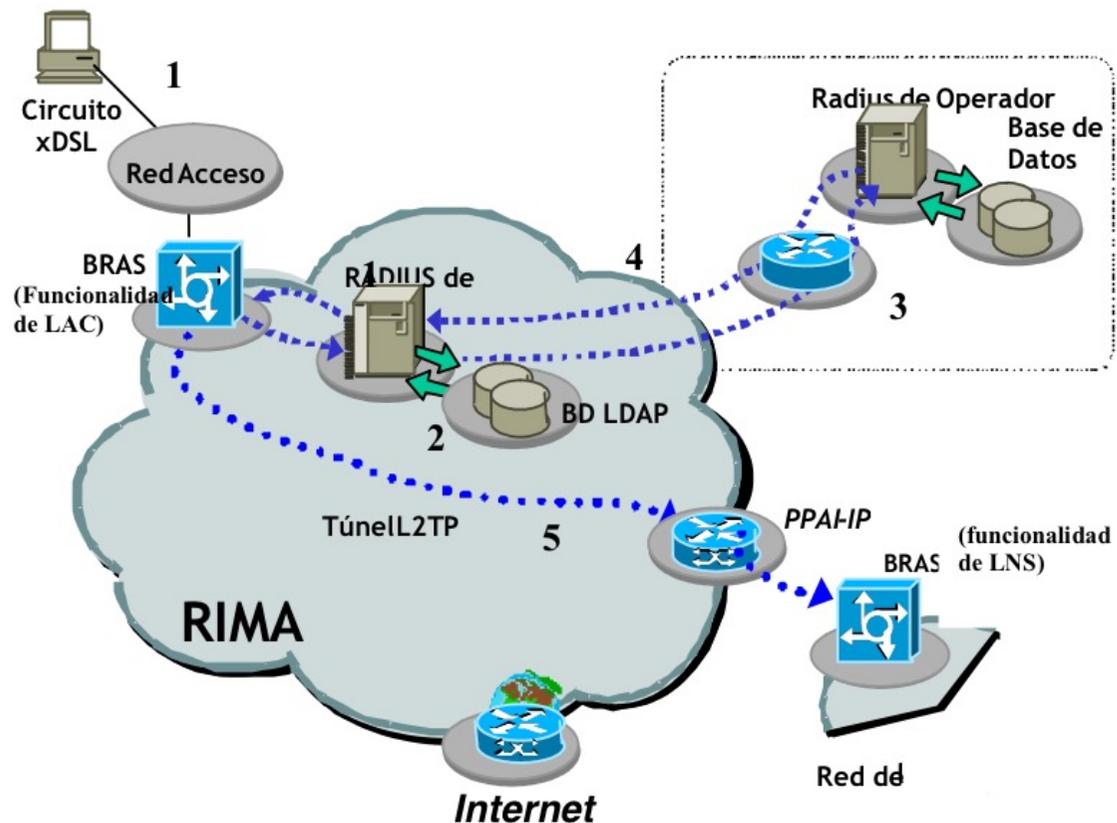
Universidad Pública de Navarra  
Nafarroako Unibertsitate Publikoa

# OBA: ADSL IP

# ADSL IP

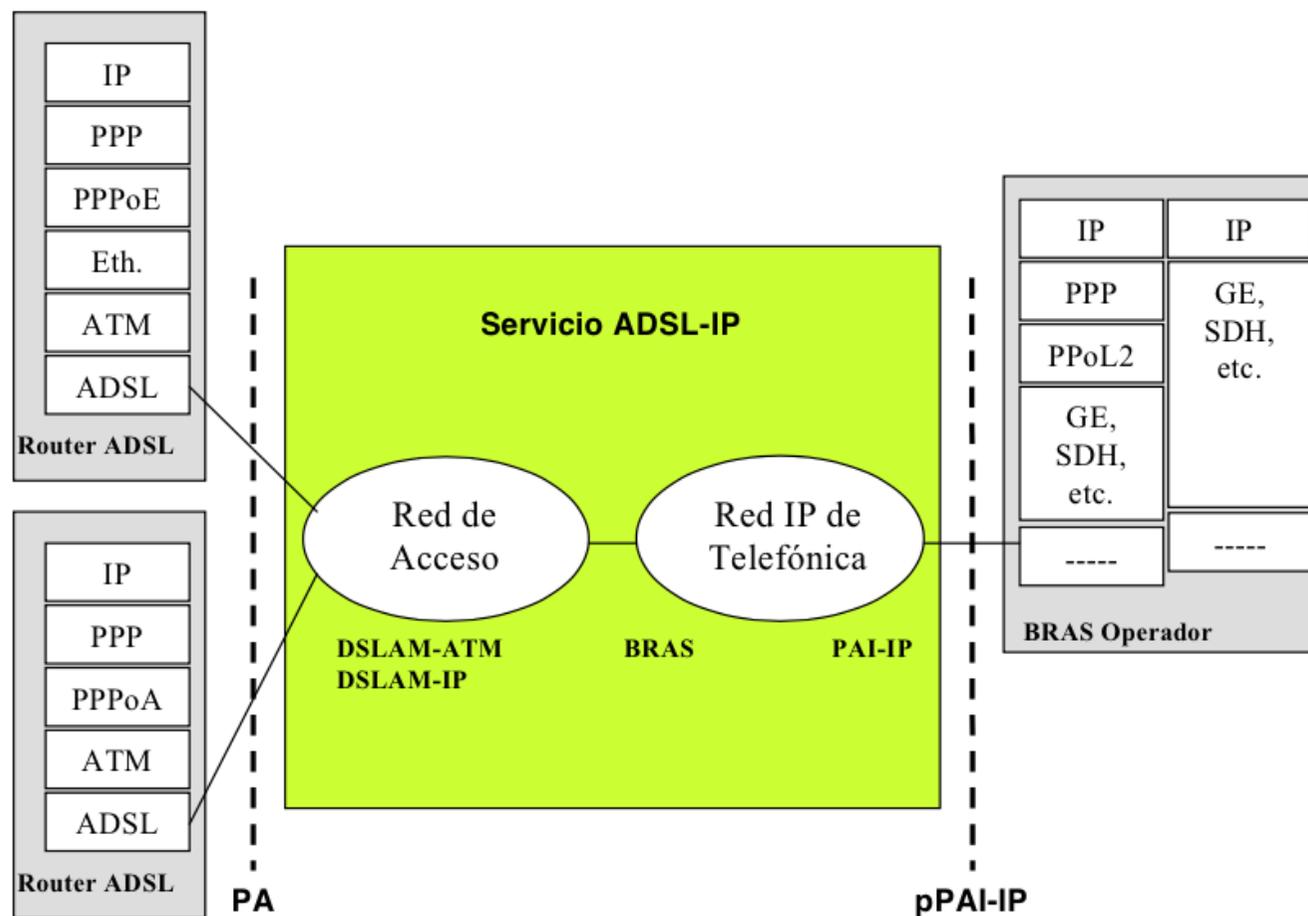
*Telefonica*

- Servicio de Telefónica
- Transporte de tráfico IP de los accesos ADSL
- En vez de GigADSL emplea la red RIMA
- 3 PAI-IP (Puntos de Acceso Indirecto IP), 2 en Madrid y 1 en Barcelona con acceso desde cualquiera a todos los bucles de abonado bajo cobertura
- Existe la posibilidad a nivel provincial (50 PAIs)



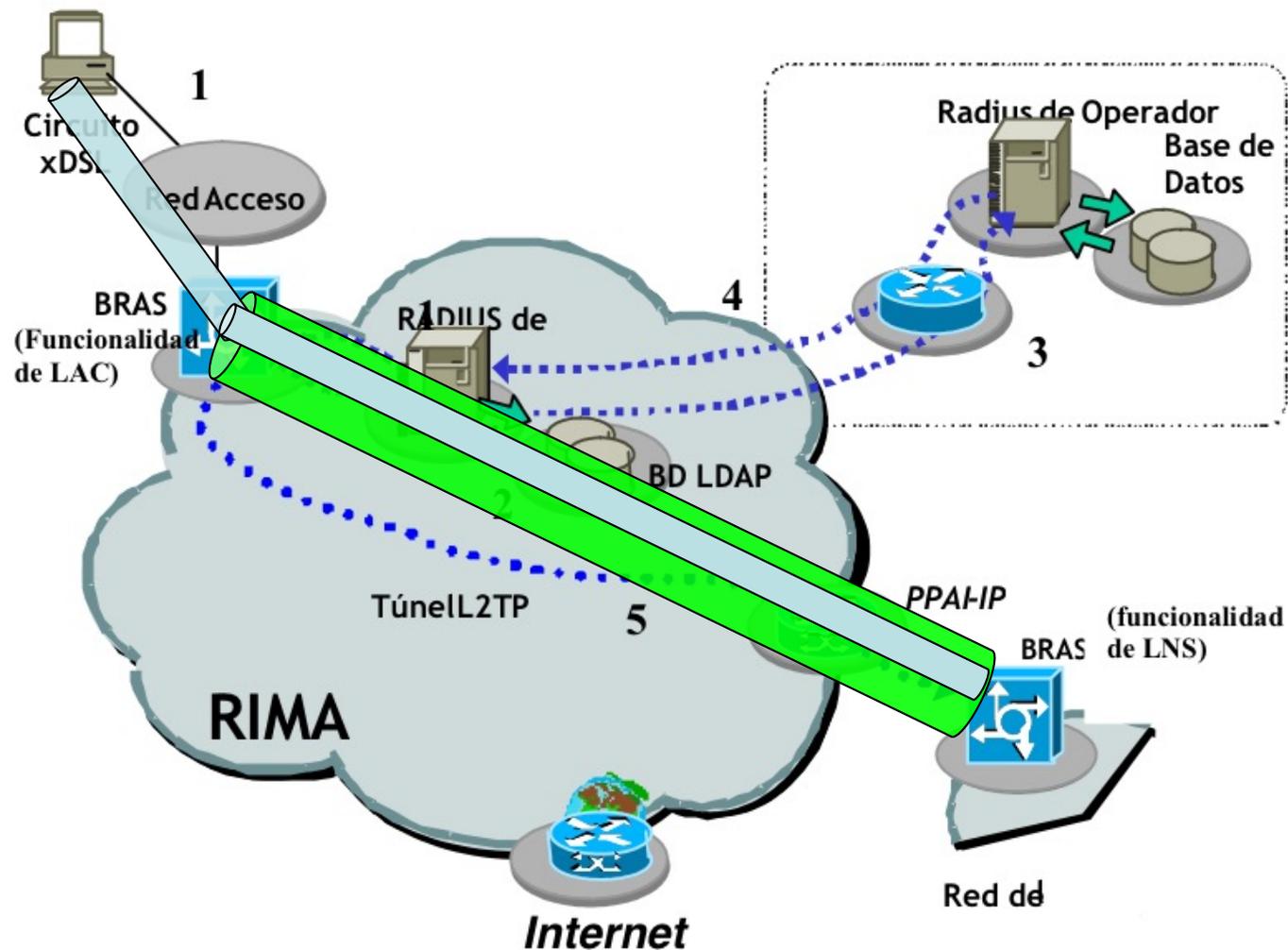
# ADSL IP

- Se transportan sesiones PPP en túneles L2TP
- PPPoA o PPPoE, preferible PPPoE y único posible en VDSL2
- 2 tipos de servicio: Plata (best effort) y Oro (para empresas)



# ADSL IP

- PPP entre el usuario y el BRAS del operador (Broadband Remote Access Server)
- Encapsulado en túnel L2TP al atravesar RIMA
- Al pPAI-IP: STM-1, STM-4, STM-16 (mediante POS) o GigabitEthernet



upna

Universidad Pública de Navarra  
Nafarroako Unibertsitate Publikoa



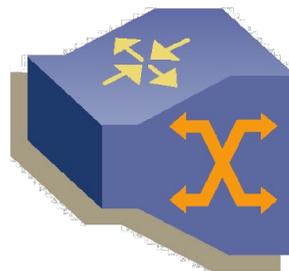
# NEBA



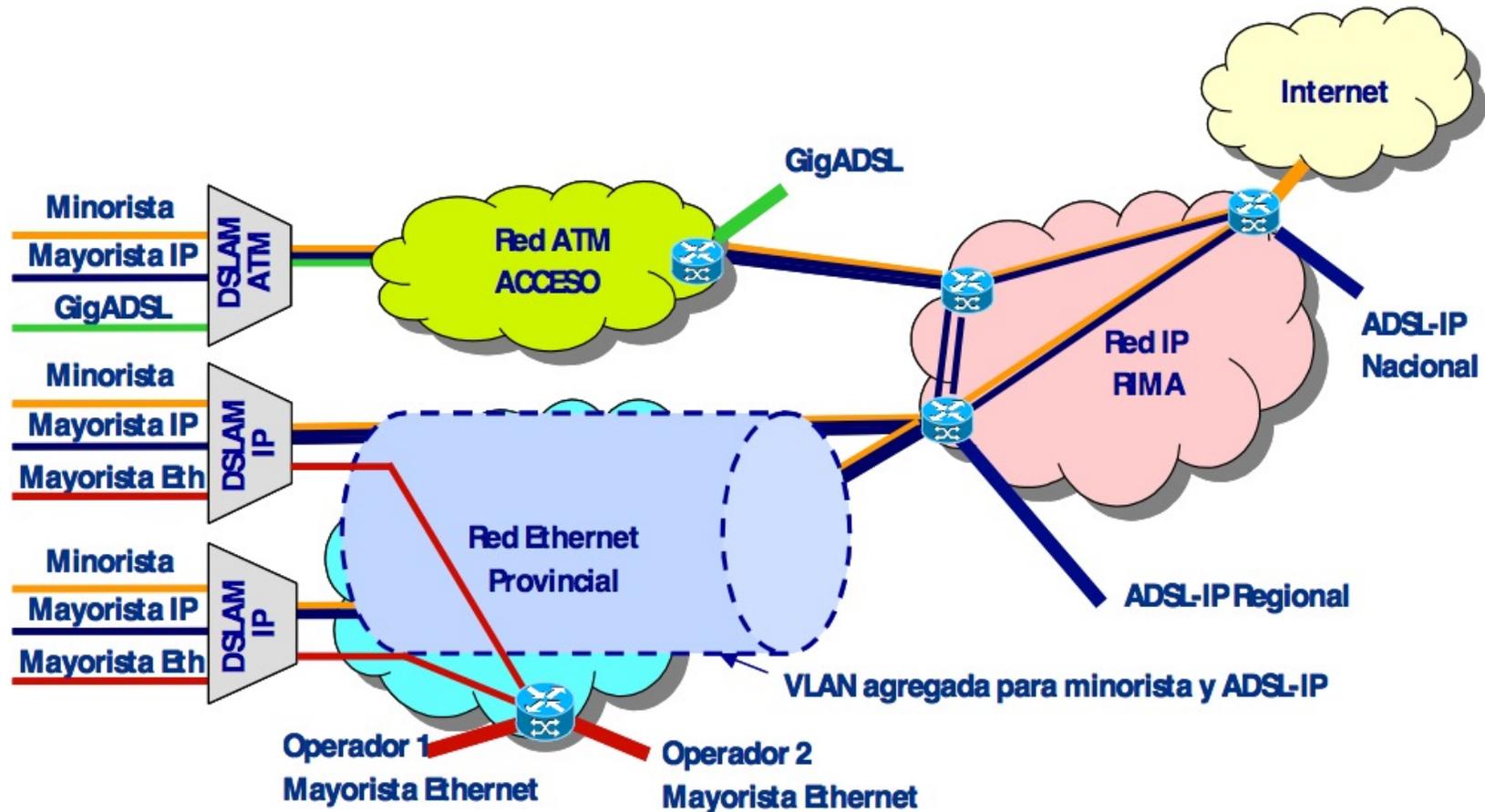
# NEBA

- Nuevo servicio Ethernet de Banda Ancha (NEBA)
- Servicio mayorista de acceso indirecto con entrega en Puntos de Acceso Indirecto Ethernet (PAI-E)
- Transporte de tramas Ethernet (capa 2) transparente a protocolos de nivel superior
- Sustituyó a GigADSL/RIMA
- Interfaces Ethernet entre equipo de cliente y nodo de acceso así como en los puntos de entrega del servicio
- Para tecnologías: ADSL2+/POTS, VDSL2, FTTH

- Para ADSL requiere DSLAMs IP y solo los tienen instalados con puertos ADSL2+, por eso no da servicio ADSL básico ni RDSI
- GPON en FTTH
- Calidades de tráfico (con diferente BW): best effort, oro (ya existían en la OBA) y real time (nuevo)
- Entrega provincial en 50 PAI-E (Puntos de Acceso Indirecto Ethernet)
- Dentro de la red, 802.1ad (QinQ) empleando la C-VLAN para marcar al cliente y la S-VLAN para identificar al nodo de acceso



# Red de acceso NEBA



**Figura 1: Arquitectura servicios mayoristas y minoristas**

Texto integro oferta de referencia NEBA (2023)

# Protocolos en xDSL

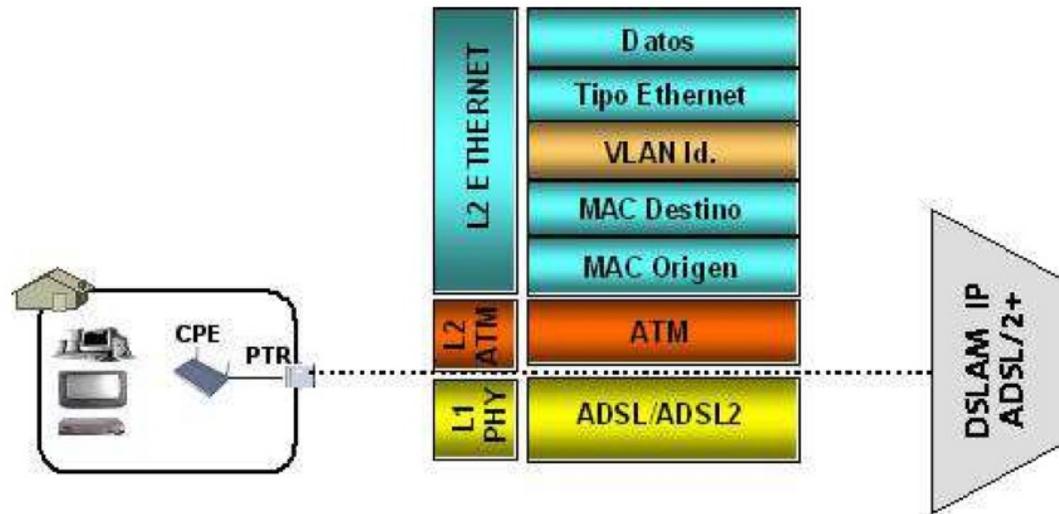


Figura 2: Estructura de protocolos para conexiones ADSL 2+

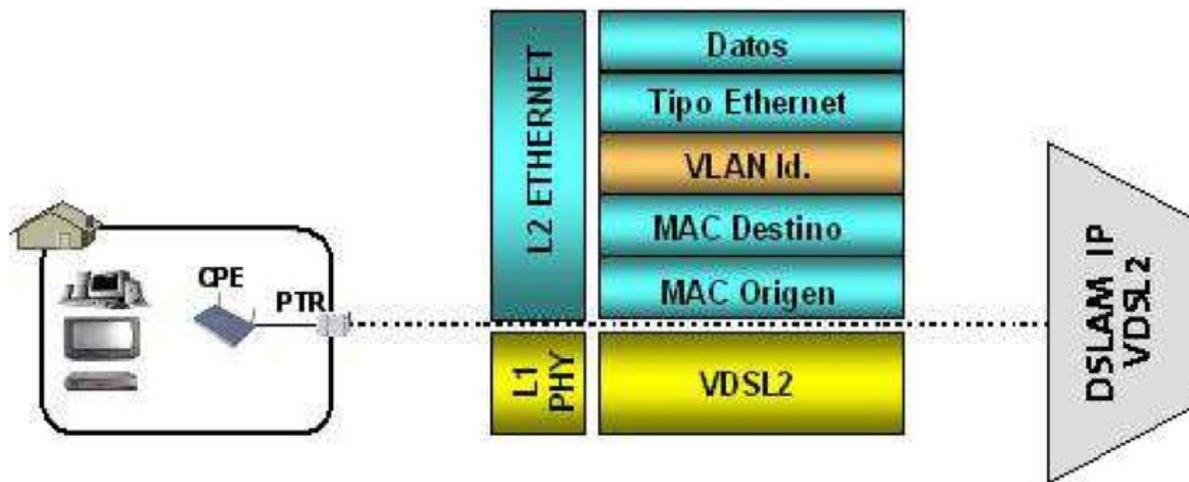
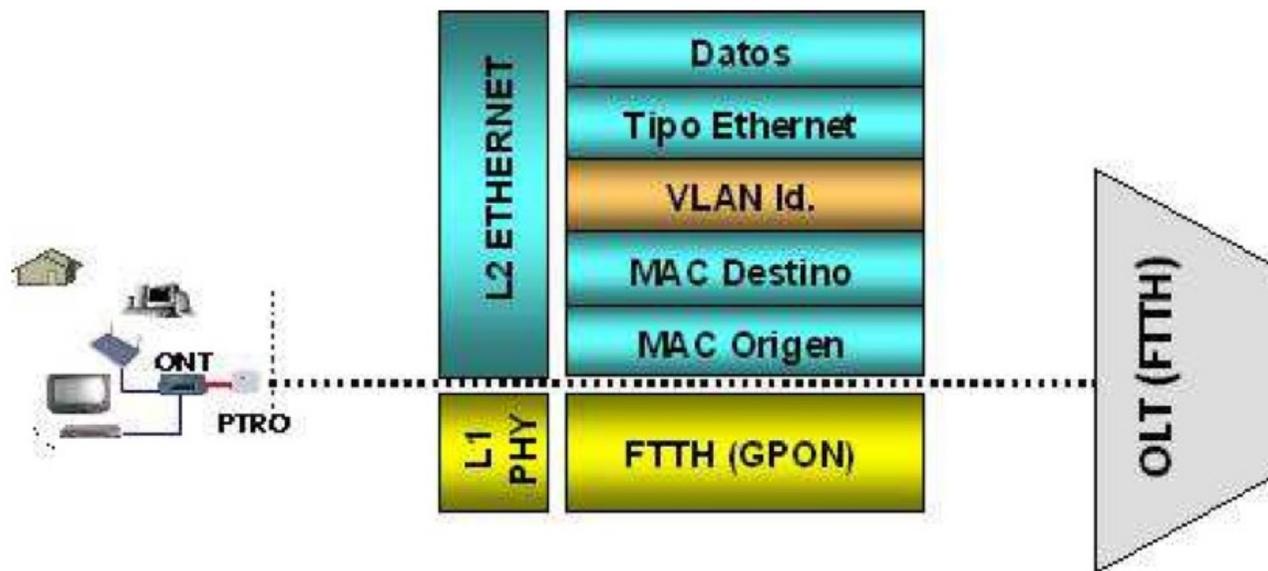


Figura 3: Estructura de protocolos para conexiones VDSL2

# Protocolos en GPON/FTTH



**Figura 4: Estructura de protocolos para conexiones FTTH**

# Transporte

- Una única VLAN o VP/VC por usuario
- Identificación de usuarios en la red mediante QinQ (802.1ad)
  - S-VLAN indica el nodo de acceso
  - C-VLAN indica el cliente
- El CPE marca la calidad con 802.1p en el S-Tag
- Asegura el funcionamiento para IPoE y PPPoE

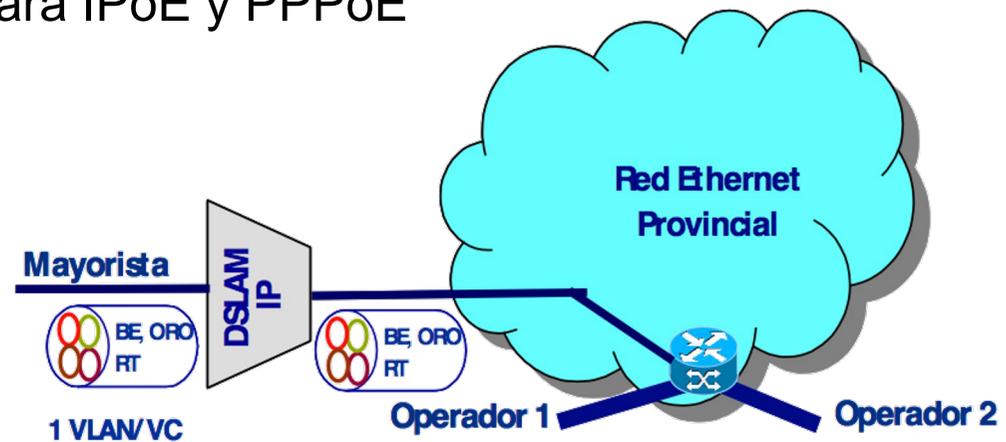
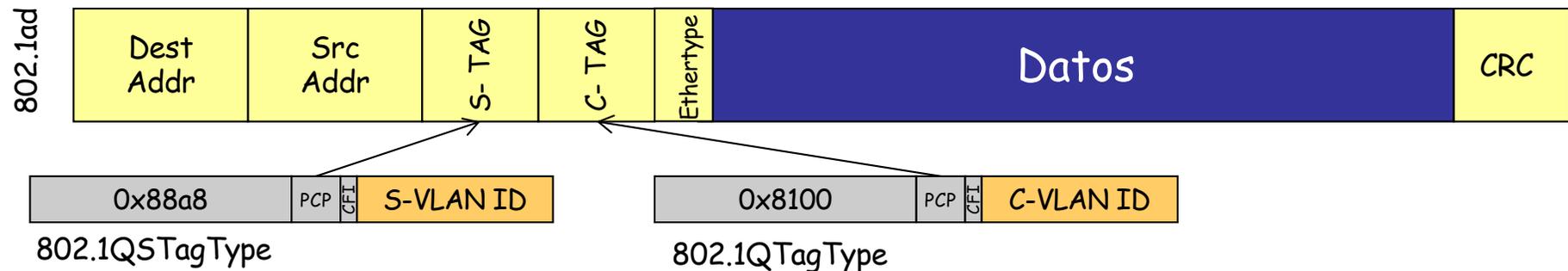


Figura 5: Arquitectura de red MONOVLAN



upna

Universidad Pública de Navarra  
Nafarroako Unibertsitate Publikoa



# NEBA Local



# NEBA Local

- Similar a NEBA provincial pero con incluyendo PAIs locales
- Para accesos FTTH
- Por ser GPON no se puede hacer un desagregado físico del bucle de fibra
- Transporte de tramas Ethernet
- Permite funcionalidad multicast

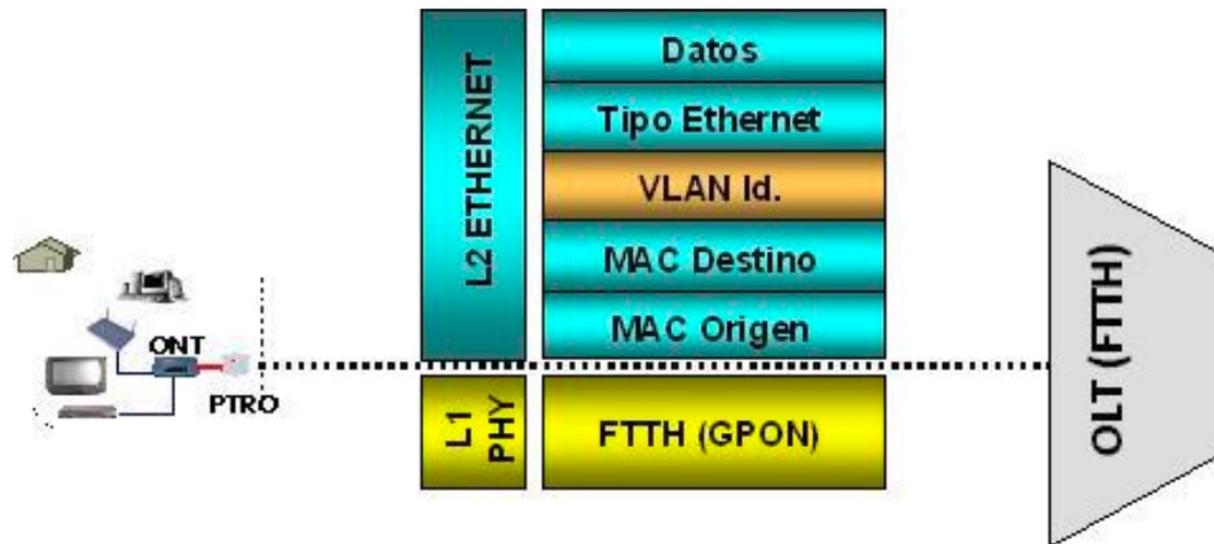


Figura 1: Estructura de protocolos para conexiones FTTH

# Transporte y entrega

- Agrega el tráfico de clientes y lo entrega en un PAI-L
- Transporte con QinQ
- El modo de uso de la S-VLAN depende del fabricante de la OLT
- Entrega en interfaces Ethernet a 1 ó 10 Gb/s

Modalidad	BE		ORO		RT	
	DOWN	UP	DOWN	UP	DOWN	UP
f1	300M	300M	50M	50M	2M	2M
f2	600M	600M	50M	50M	2M	2M
f3	1000M	1000M	100M	50M	7M	7M

upna

Universidad Pública de Navarra  
Nafarroako Unibertsitate Publikoa



# OIR-IP



# OIR-IP

- Oferta de interconexión de referencia de llamadas sobre la red de comunicaciones VoIP de Telefónica
- Es decir, en lugar de interconexión tradicional TDM/SS7
- Permite interconectar llamadas VoIP sin tener que pasar por la red clásica TDM
- Protocolos VoIP: SIP, SDP, RTP, RTCP

upna

Universidad Pública de Navarra  
Nafarroako Unibertsitate Publikoa



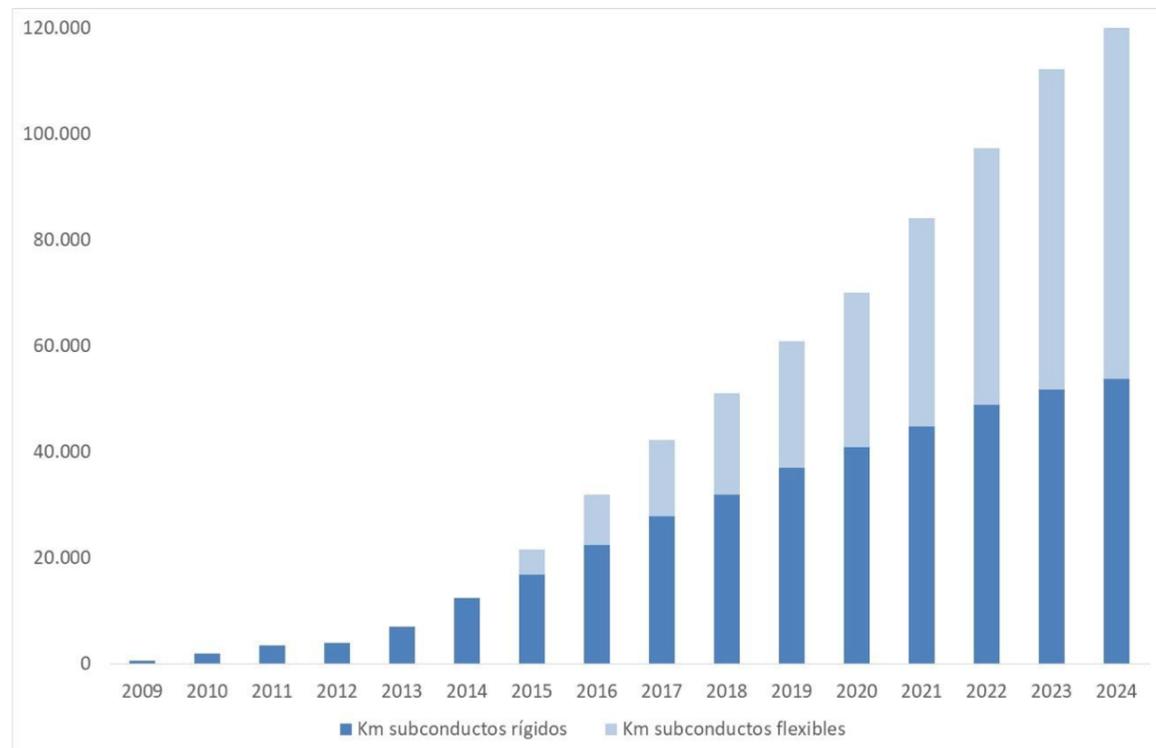
# MARCo



# MARCo

- Oferta **M**ayorista de **A**cceso a **R**egistros y **C**onductos
- Acceso al uso compartido de infraestructura de obra civil de Telefónica
- Canalizaciones, conductos, elementos de registro y posters

Kms de subconductos alquilados



upna

Universidad Pública de Navarra  
Nafarroako Unibertsitate Publikoa



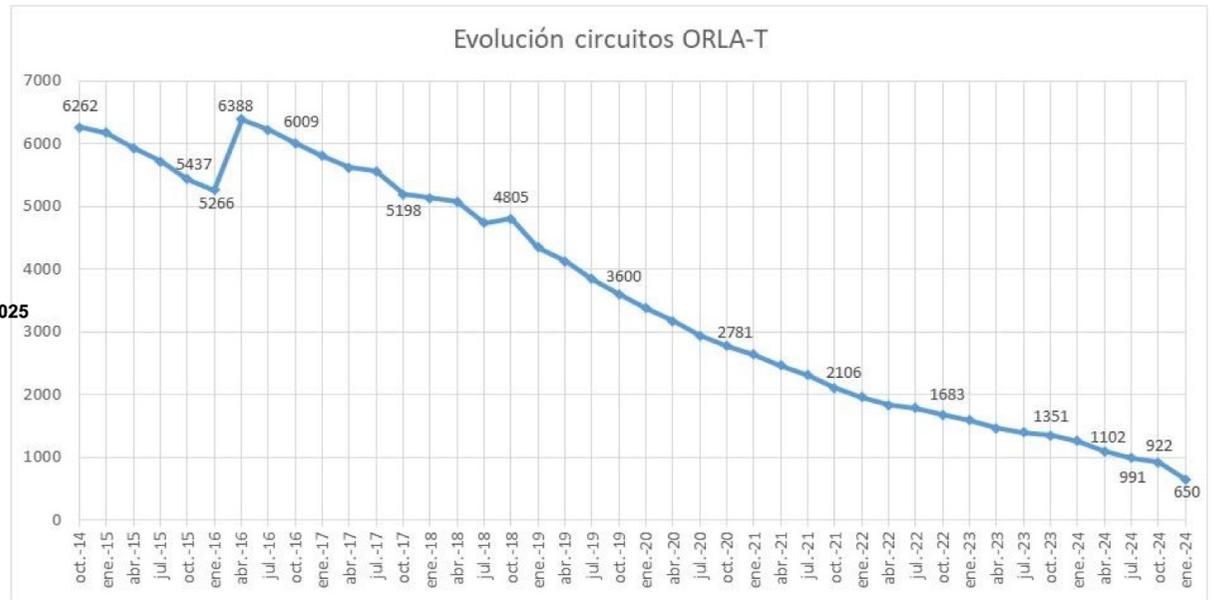
# ORLA



# ORLA-T

- Oferta de Referencia de Líneas Alquiladas Terminales
- Circuitos PDH y SDH (hasta 155Mb/s)
- 30 de abril de 2026 cierre de circuitos ORLA-T

**Gráfico 1. Evolución del número de circuitos regulados ORLA-T en servicio (2014-2024)**



**Tabla 1. Circuitos regulados ORLA-T en servicio a fecha 31 de marzo de 2025**

Velocidad	Número de circuitos
64Kbit/s	0
Nx64Kbit/s	1
2 Mbit/s	499
34 Mbit/s	2
155 Mbit/s	2
<b>Total</b>	<b>504</b>

Fuente: Telefónica

Fuente: Telefónica

# ORLA-E

- ORLA-E
  - Circuitos digitales dedicados de velocidades Ethernet (10, 100 y 1000Gb/s, desde 2020 también superiores)
  - “deberá garantizar que las líneas ORLA-E tengan las características técnicas suficientes para emular servicios TDM que cumplan con las especificaciones técnicas necesarias.”

## d) Parámetros de calidad específicos de las líneas Ethernet

- Tasa máxima de pérdida de paquetes de  $10^{-7}$ .
- Porcentaje del ancho de banda de la interfaz garantizada: 100%
- Retardo de transmisión de trama (varían en función de la capacidad del circuito y del tipo de servicio de conexión utilizado):

<b>RETARDOS MÁXIMOS</b>	<b>Servicio de conexión</b>	
	<b>No agregado</b>	<b>Agregado Gigabit Ethernet</b>
Ethernet (10M) <sup>Nota</sup>	10 ms	11 ms
Fast Ethernet (100M)	5 ms	6 ms
Gigabit Ethernet (1000M)	5 ms	6 ms

Nota: Para tamaños de trama Ethernet de 250 bytes los retardos deben reducirse a 5 y 6 ms respectivamente.

# ORLA

- Contratar capacidad en las 9 rutas troncales submarinas reguladas
- Capacidades PDH/SDH (hasta STM-64)

Las rutas disponibles son las siguientes:

- Península – Ceuta
- Península – Melilla
- Tenerife – Gomera
- Tenerife – La Palma
- Gomera – Hierro
- Gran Canaria – Fuerteventura
- Gran Canaria – Lanzarote
- Mallorca – Menorca
- Ibiza – Formentera

Ruta	D (km)	Cuota servicio transporte (euros/mes)						
		10GbE/ STM64/ OTN (10Gb)	STM16 (2,5Gb)	GbE <sup>Nota</sup> (1 Gb)	STM-4 (622Mb)	STM-1 (155Mb)	E3 (34Mb)	E1 (2Mb)
Cádiz - Ceuta	29	3.392	1.713	1.036	865	437	256	32
Málaga - Melilla	198	14.441	7.293	4.409	3.683	1.860	1.090	136
Gran Canaria - Fuerteventura	128	14.531	7.338	4.437	3.706	1.871	1.097	137
Gran Canaria - Lanzarote	207	8.033	4.057	2.453	2.049	1.035	606	76
Tenerife - La Palma	142	9.979	5.039	3.047	2.545	1.285	753	94
Tenerife - Gomera	35	-	2.683	1.622	1.355	684	401	50
Hierro - Gomera	82	-	7.007	4.237	3.539	1.787	1.047	131
Mallorca - Menorca	96	17.418	8.796	5.319	4.442	2.243	1.315	164
Ibiza - Formentera	4	-	-	1.762	1.096	553	324	41

<sup>Nota</sup> Circuito GbE de nivel 1 ofrecido sobre SDH con concatenación de 7 contenedores VC4

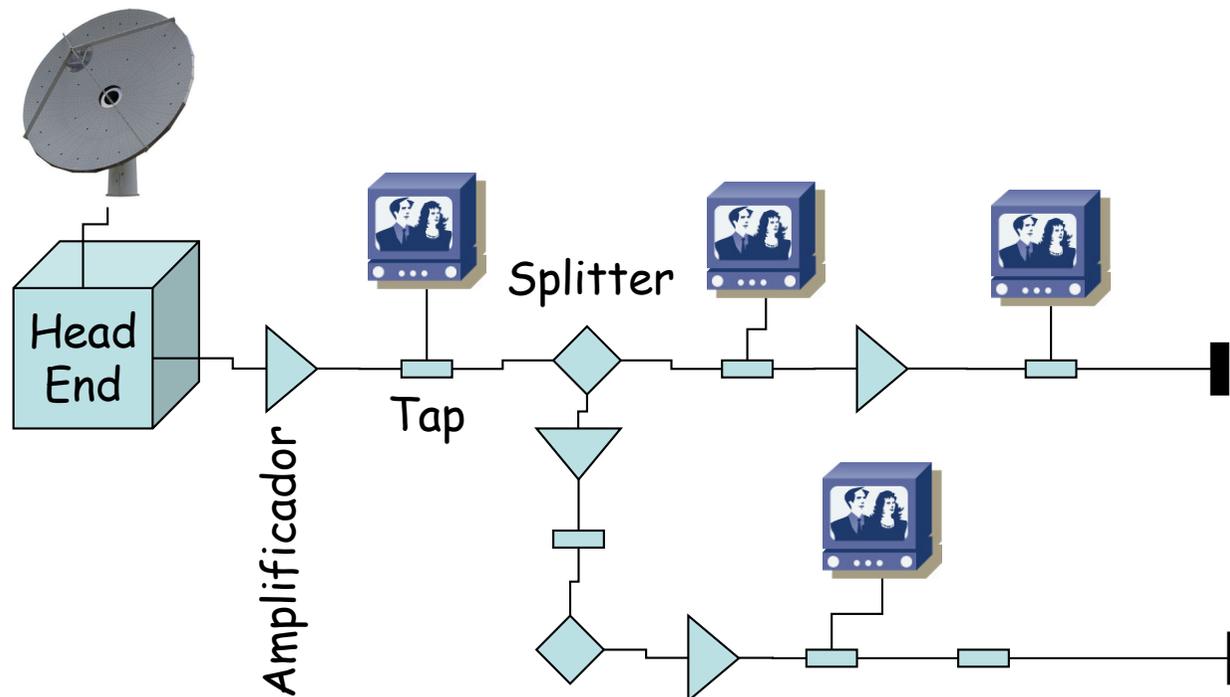
upna

Universidad Pública de Navarra  
Nafarroako Unibertsitate Publikoa

# Otras tecnologías de acceso cableadas

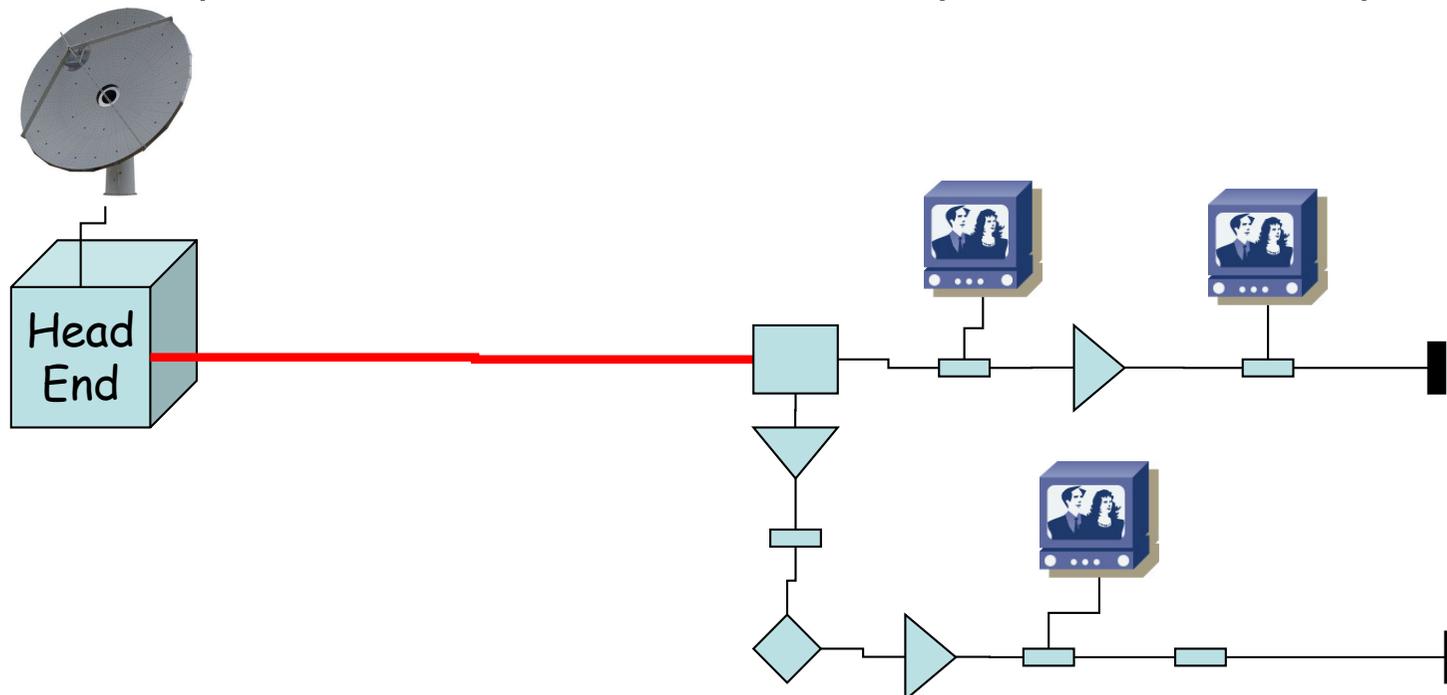
# Cable: TV

- Red CATV (Community Antenna TeleVision)
- En principio para resolver problemas de recepción en edificios
- Posteriormente auge al introducir canales enviados por satélite
- Añade acceso condicional (PPV) con RTB como canal de retorno
- FDM, canales de TV de 6-8MHz en 50-550MHz
- Posteriormente introducción de la TV digital
- Y de la tecnología óptica: HFC (Hybrid Fiber Coaxial)



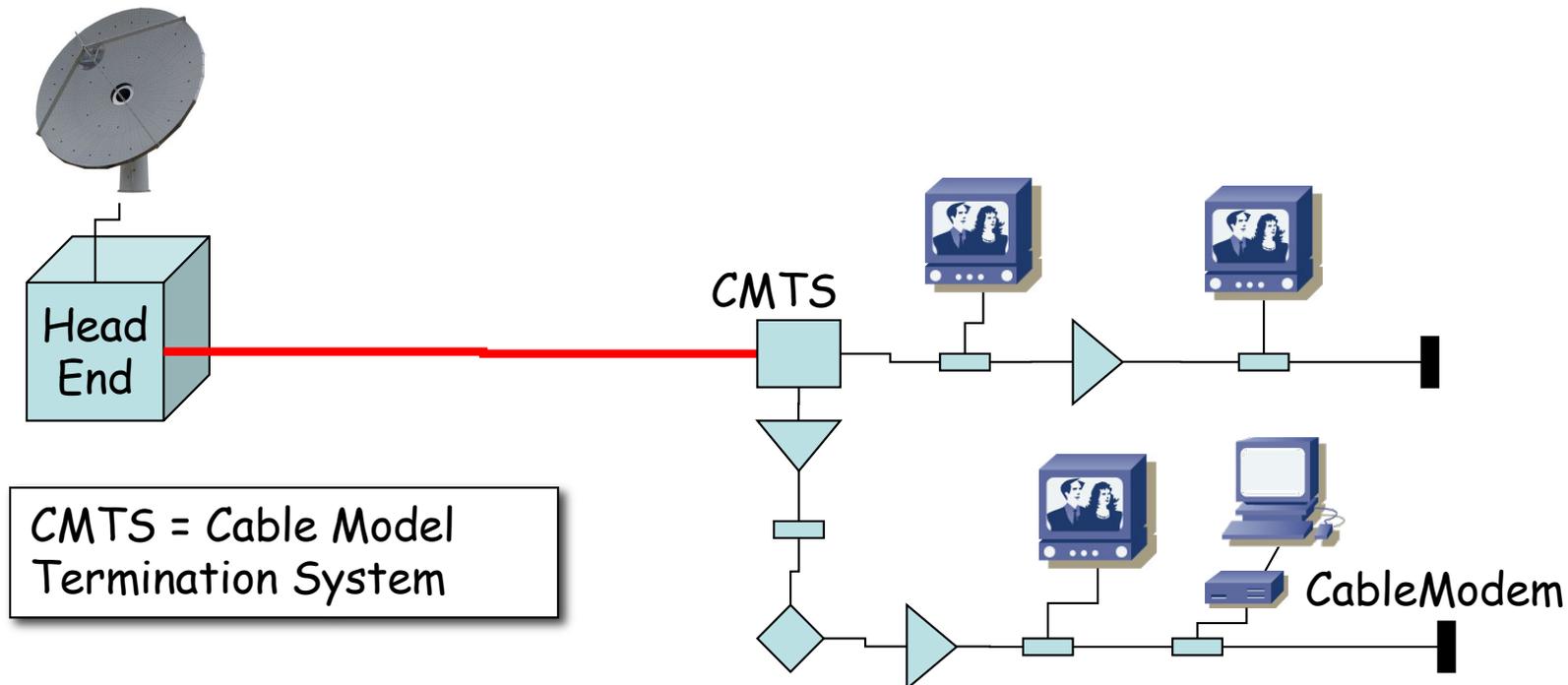
# Cable: TV

- Canal de retorno por el mismo coaxial
- Transmisión desde el usuario en la banda 5-50 MHz
- Con TV digital el transporte por fibra puede ser por ejemplo SDH
- Se puede transportar también telefonía mediante soluciones propietarias (no está normalizado)
- Por ejemplo 30 canales TDM compartidos entre los abonados que dependen de un mismo conversor óptico-eléctrico
- Aunque en ocasiones se han tendido pares de cobre en paralelo



# Cable: Datos

- Upstream 5-50 MHz, downstream 550-860 MHz
- DOCSIS = *Data Over Cable Service Interface Specification*
- De consorcio CableLabs pero aceptado por ITU y ETSI
- Especifica nivel físico y MAC
- Encapsulado MPEG
- Downstream: 30-50Mbps, Upstream: 10-30Mbps, por portadora
- Permite *channel bonding*



# Cable: red troncal

- Un nodo primario atiende áreas de entre miles y decenas de miles de abonados
- Un nodo primario sirve a 3-4 anillos secundarios
- En un anillo secundario hay 5-6 nodos secundarios
- Un nodo secundario da servicio a unos 2000 hogares

