

# Bloque II

## Tecnologías avanzadas

Arquitecturas de redes de  
computadores  
2012-2013

**Rafael Sebastian**  
Departamento de Informática  
Escuela Técnica Superior de Ingenierías  
Universitat de València  
Adaptado de Rogelio Montañana





# Índice de contenido

- Introducción y conceptos
- Protocolos y aplicaciones en Internet
- **Tecnologías avanzadas**
  - **Acceso residencial**
- Redes multimedia
- Seguridad en redes



# Objetivos sección

- ✓ Describir los principios de funcionamiento de una red de área amplia (WAN)
- ✓ Tecnologías y estándares de acceso residencial
- ✓ Mecanismos de modulación en ADSL
- ✓ Infraestructuras de comunicación en una red CATV



# Tecnologías avanzadas

## Acceso residencial

- **Acceso básico**
- xDSL
- Cable



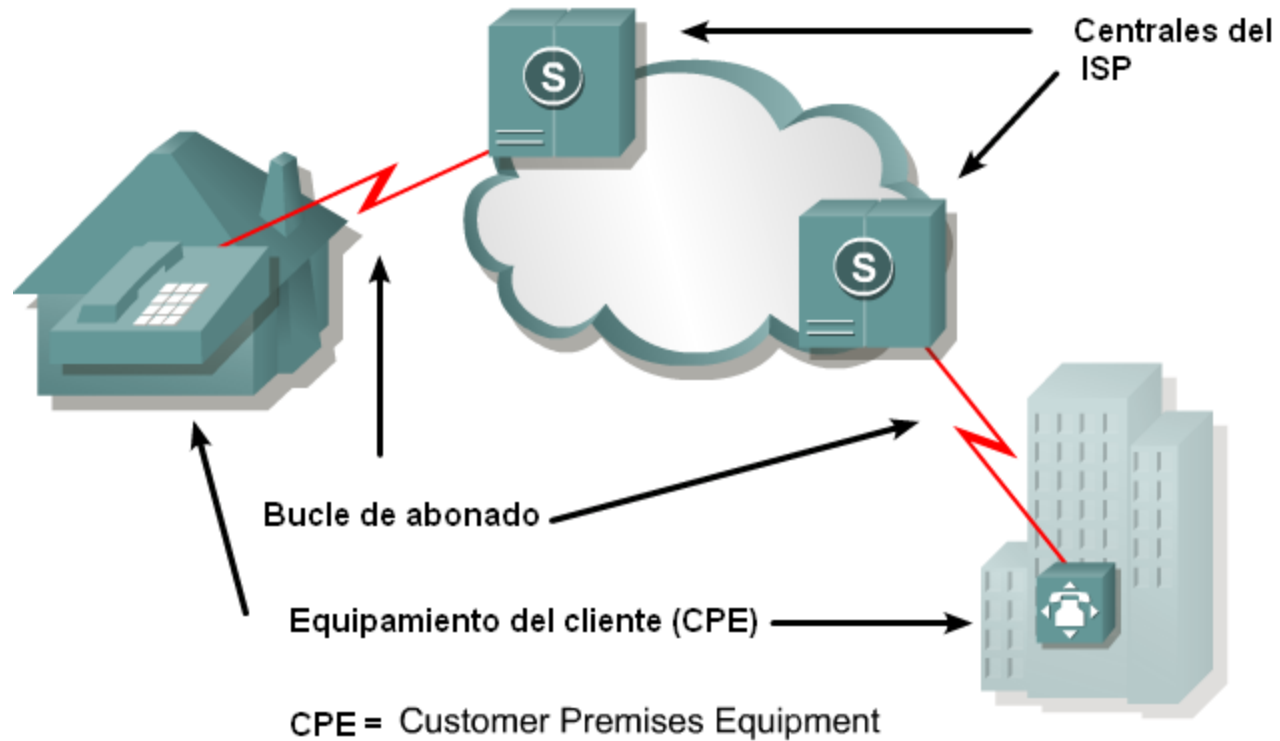
# Qué es una WAN?

- Red de comunicación de datos que opera más allá del alcance geográfico de una LAN
- Es necesario suscribirse a un proveedor externo de servicios, como una compañía operadora local (ISP) para utilizar los servicios de red de una portadora WAN
- Tradicionalmente las tecnologías utilizadas para redes WAN han sido diferentes a las utilizadas para otras redes como LAN



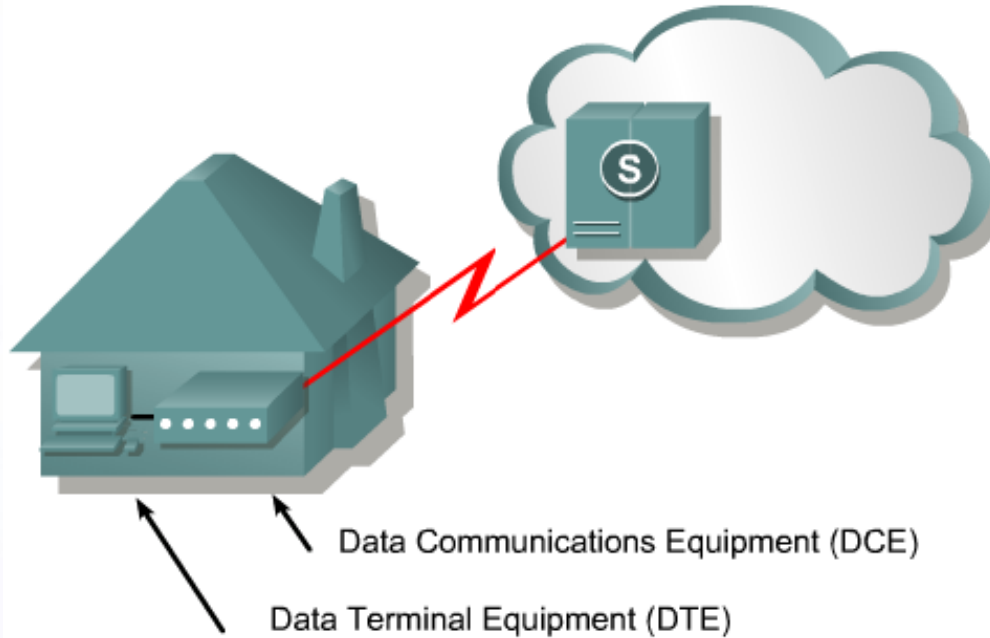
# Componentes tecnológicos

## Esquema global

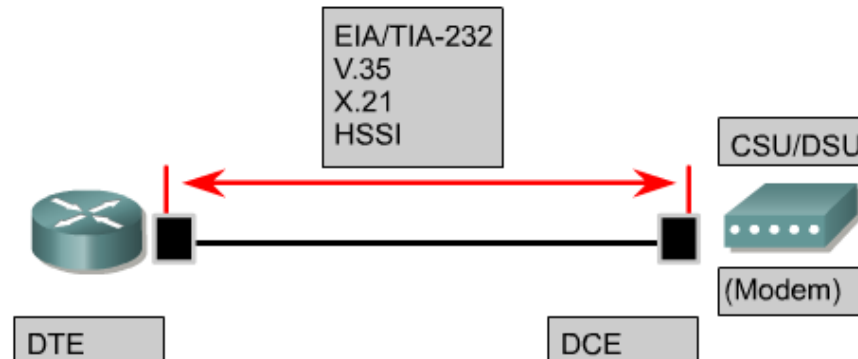




# Componentes tecnológicos



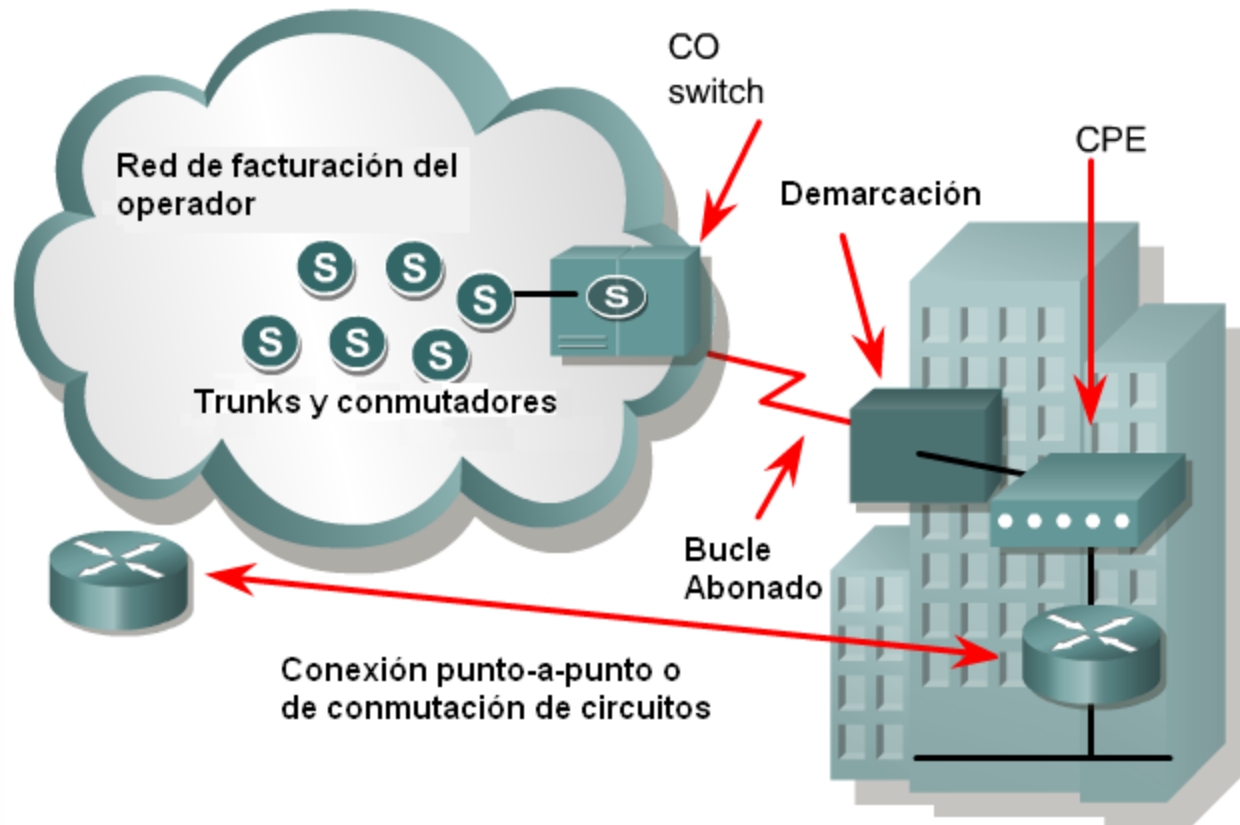
## Esquema tradicional cliente





# Componentes tecnológicos

## Esquema proveedor de servicios







# Estándares WAN: Capa física

Tecnologías WAN					
HDLC	PPP	Frame Relay	ISDN BRI	Módem DSL	Módem por cable
EIA/TIA-232 EIA/TIA-449 X.21 V.24 V.35 Interfaz serial de alta velocidad (HSSI)			RJ-45 Nota: Las salidas de pin de BRI RDSI se diferencian de las salidas de pin para Ethernet	RJ-11 Nota: Funciona a través de la línea telefónica	F Nota: Funciona a través de la línea de TV por cable

- La implementación de la capa física varía
- Las especificaciones del cable definen la velocidad del enlace



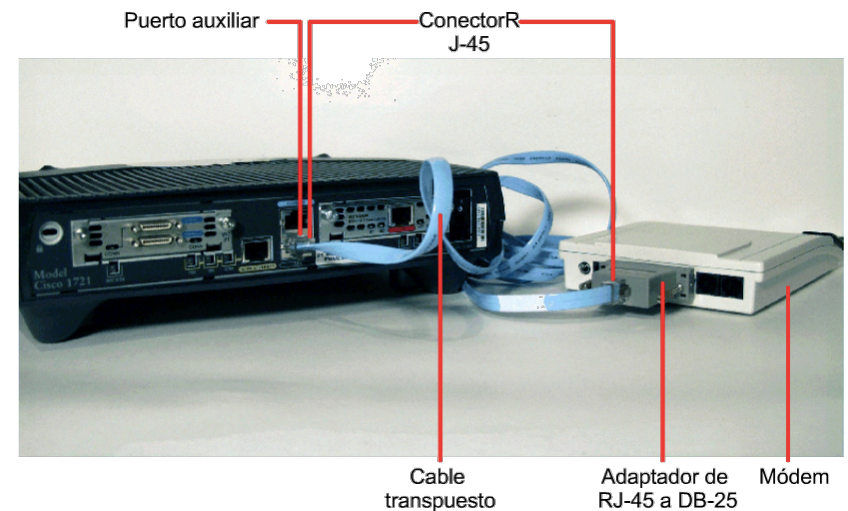
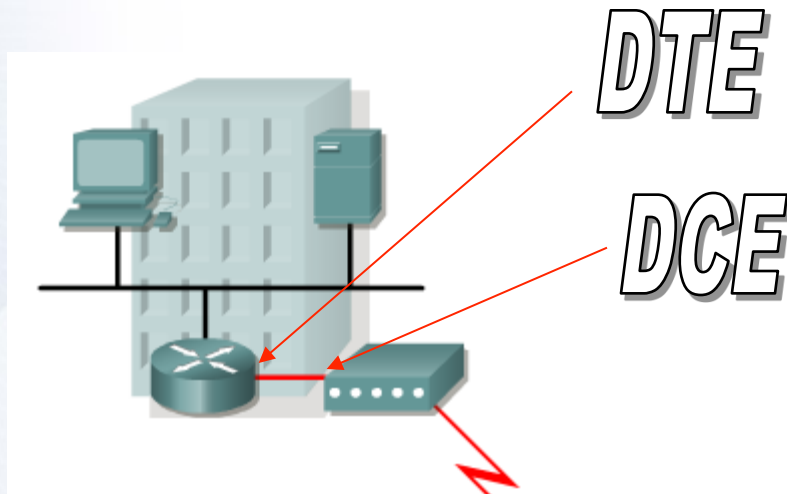
# Estándares WAN: Capa física

## Conexión Serie: Router - Modem

- **DCE**: data circuit equipment.
- **DTE**: data terminal equipment.

Los DCE son las interfaces que generan las señal de reloj (clock rate) y se configuran en la parte de la operadora.

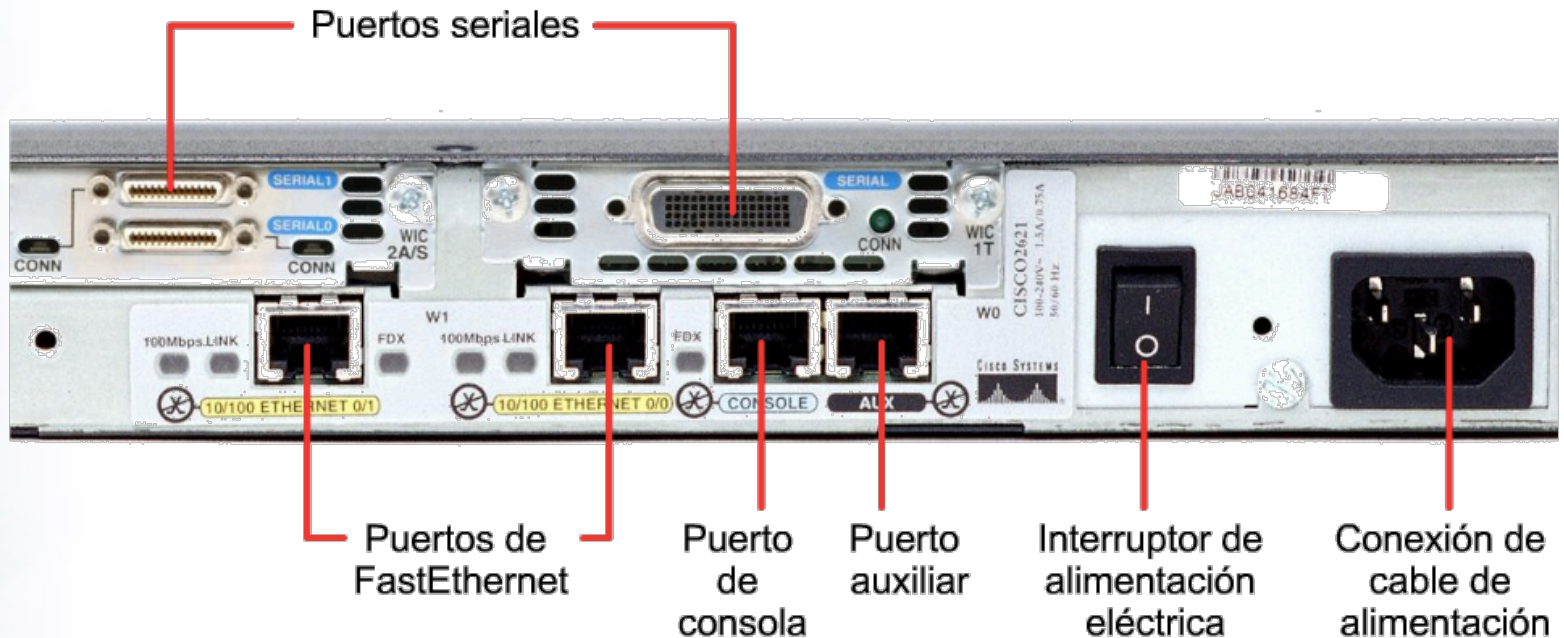
Físicamente, las interfaces DCE son hembra, p.ej V.35 hembra y los DTE macho.





# Estándares WAN: Capa física

## Conexiones físicas: Router

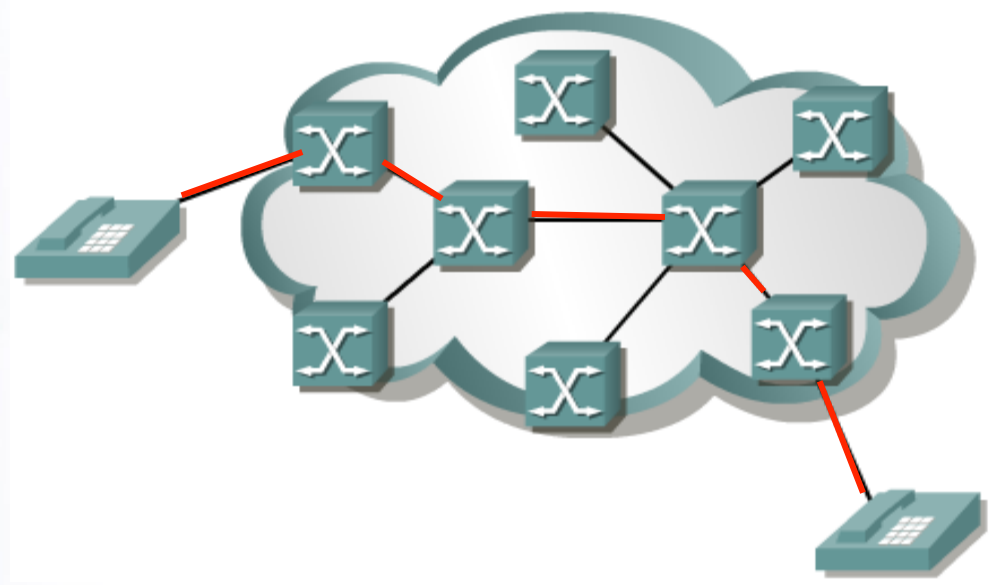




# Conmutación de circuitos vs. paquetes

## Conmutación de circuitos

- En la conmutación de circuitos se establece un circuito de forma permanente entre el origen y el destino.
- Además este circuito queda establecido y con un ancho de banda reservado en todo momento.
- Este sistema, que normalmente se basa en TDM, desaprovecha recursos



1. Establecimiento circuito
2. Intercambio de datos
3. Desconexión



# Conmutación de circuitos vs. paquetes

## Conmutación de paquetes

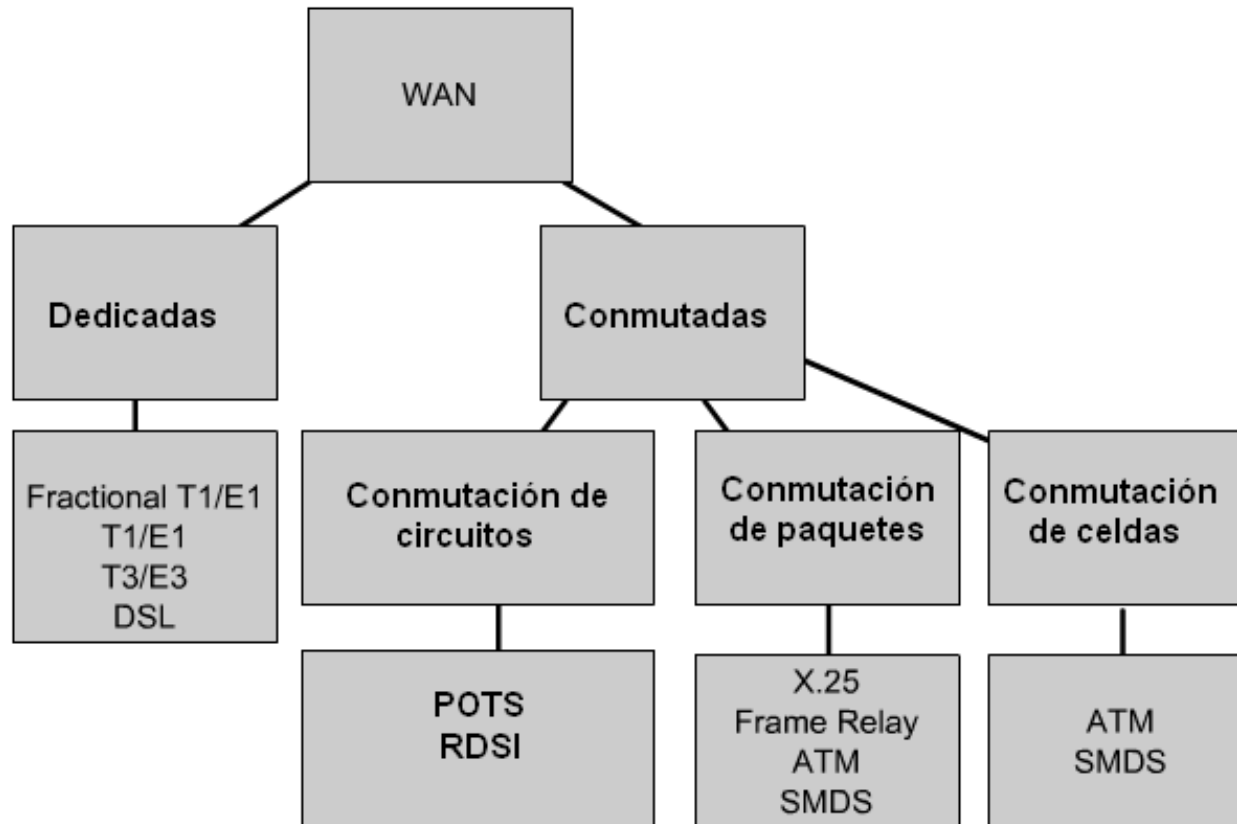
- No se establece ningún circuito previo, el origen puede enviar información en cualquier momento
- Cada nodo o salto de la red debe determinar el camino que debe seguir la información que recibe
- Es necesario añadir a cada grupo de bits (trama, paquete) un identificador



Cuando un conmutador recibe un paquete lo reenvía según su identificador, por ejemplo una dirección IP



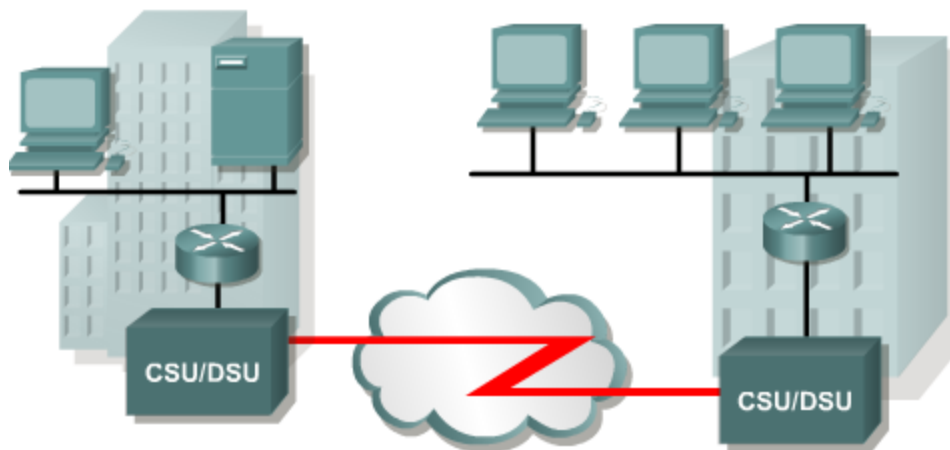
# Opciones en líneas WAN





# Líneas dedicadas

- Se utilizan cuando se hace un uso intensivo de la red WAN
- La línea siempre se encuentra establecida
- Permite los anchos de banda más elevados (orden de Gbps)
- Son muy costosas puesto que las líneas se alquilan y se encuentran disponibles con el ancho de banda pactado en todo momento

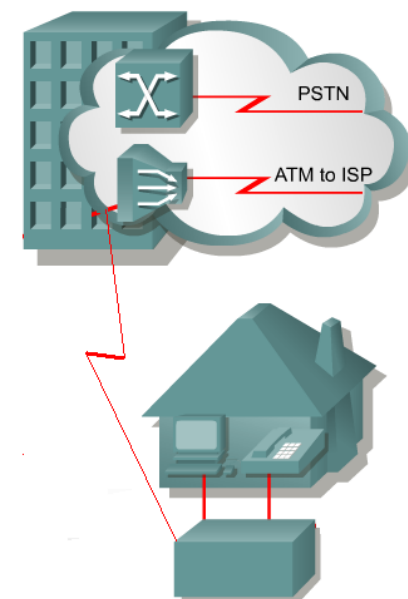




# DSL (Digital Subscriber Line)

- Las tecnologías DSL permiten servicios de banda ancha sobre el par trenzado de cobre tradicional del teléfono
- Además DSL está diseñado para permitir el funcionamiento simultáneo del teléfono convencional y la transmisión de datos sobre el mismo par de cables
- Existe una gran variedad de servicios DSL que varían en sus anchos de banda de subida y bajada
- El tráfico DSL que llega a la operadora es reenviado a la red ATM de esta utilizando un DSLAM

Servicio	Download	Upload
ADSL	1.544 Mbps - 8.192 Mbps	16 kbps - 640 kbps
SDSL	1.544 Mbps - 2.048 Mbps	1.544 Mbps - 2.048 Mbps
HDSL	1.544 Mbps - 2.048 Mbps	1.544 Mbps - 2.048 Mbps
IDSL	144 kbps	144 kbps
RADSL	64 kbps - 8.192 Mbps	16 Mbps - 768 Mbps
CDSL	1 Mbps	16 kbps - 160 kbps

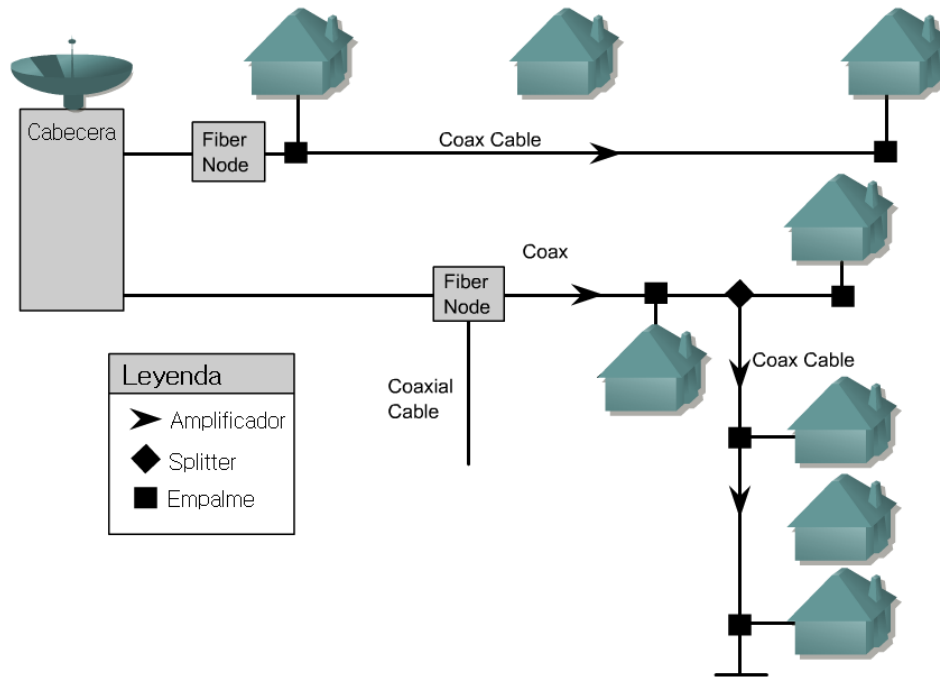






# Cable Modem

- Reutilizan el cable coaxial existente en muchas redes de televisión por cable
- El cable coaxial permite alcanzar mayores velocidades que el cable telefónico





# Tecnologías avanzadas

## Acceso residencial

- Acceso básico
- **xDSL**
- Cable



# Reaprovechando la red

- Cable de pares: 750 millones de hogares
- Redes CATV bidireccionales: 12 millones
- En barrios de oficinas el par telefónico a menudo es la única alternativa (CATV se ha implantado sobre todo en barrios residenciales).
- Existe un mercado para accesos de alta velocidad, fundamentalmente motivado por Internet. Recientemente también por servicios de vídeo bajo demanda
- Los primeros experimentos de ADSL datan de finales de los 80



# Reaprovechando la red

- Las velocidades máximas no se deben al cable de pares sino al canal de 3,1 KHz que se utiliza para transmitir
- RDSI utiliza también la red telefónica y consigue velocidades de hasta 64 Kbps por canal
- Si dejamos de lado el sistema telefónico se pueden alcanzar velocidades muy superiores
- ADSL utiliza solo el bucle de abonado de la red telefónica; a partir de la central emplea una red paralela para transportar los datos



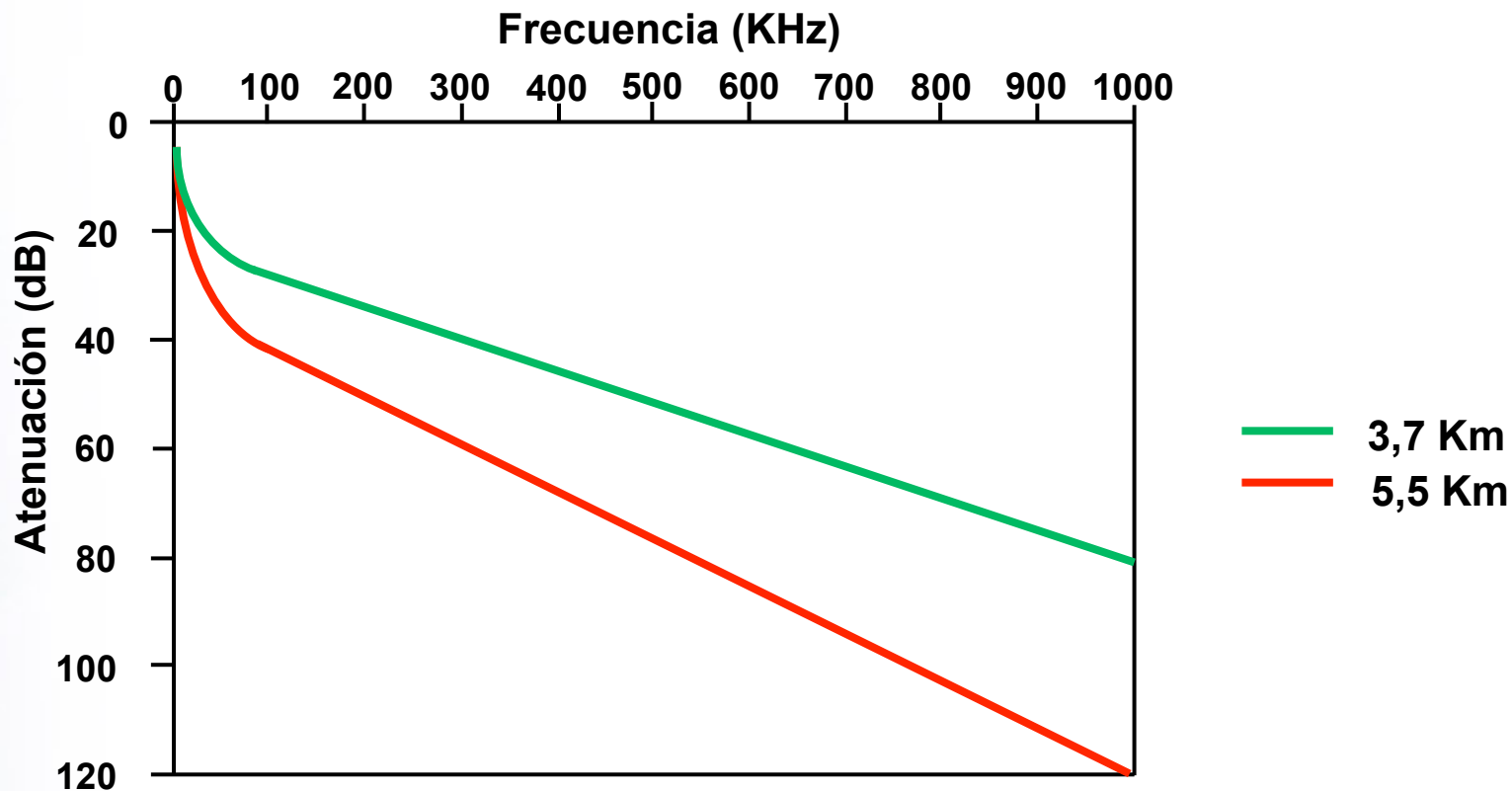
# Descripción de ADSL

- ADSL utiliza frecuencias a partir de 25-30 KHz para ser compatible con el teléfono analógico. Hay una versión compatible con RDSI que utiliza frecuencias por encima de 80 KHz
- Comunicación es full dúplex. Para evitar problemas de ecos e interferencias se asigna un rango de frecuencias distinto en ascendente y descendente
- Se reserva mayor anchura al canal descendente que al ascendente. La comunicación es asimétrica



# Atenuación de la señal

Atenuación (dB) en función de la frecuencia



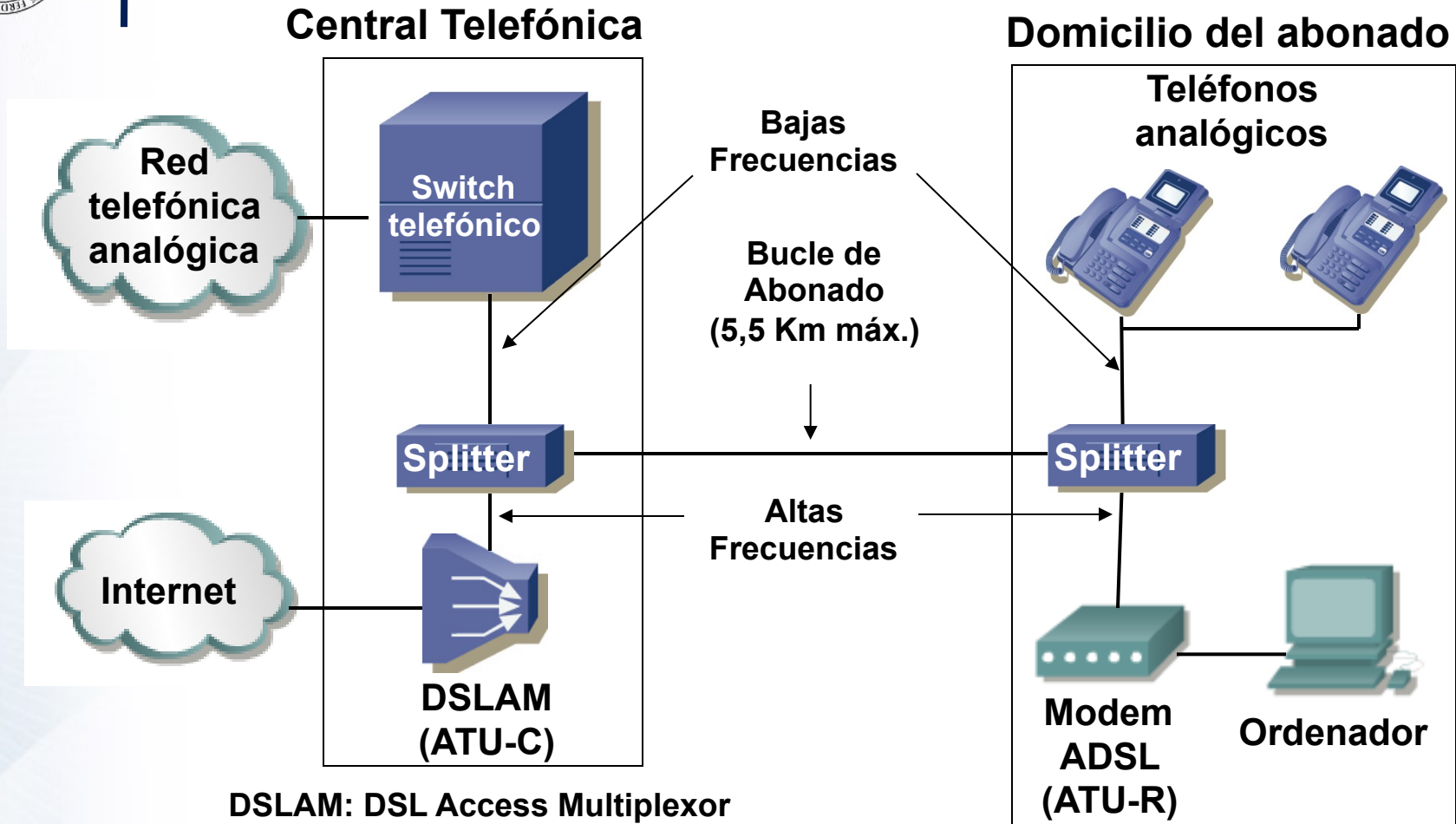


# Frecuencias en ADSL\*

- ADSL utiliza frecuencias por encima de los 30-100 KHz para ser compatible con el servicio telefónico.
- Se asigna un rango de frecuencias distinto en ascendente y descendente.
- La comunicación es asimétrica. Se reserva una anchura mayor al descendente (1000 KHz) que al ascendente (100 KHz). El canal ascendente se sitúa en las frecuencias mas bajas.
- La transmisión de caudales tan elevados se consigue con una técnica de modulación denominada DMT (Discrete Multi Tone)



# Descripción de ADSL



DSLAM: DSL Access Multiplexor  
ATU-C: ADSL Transmission Unit - Central  
ATU-R: ADSL Transmission Unit - Remote



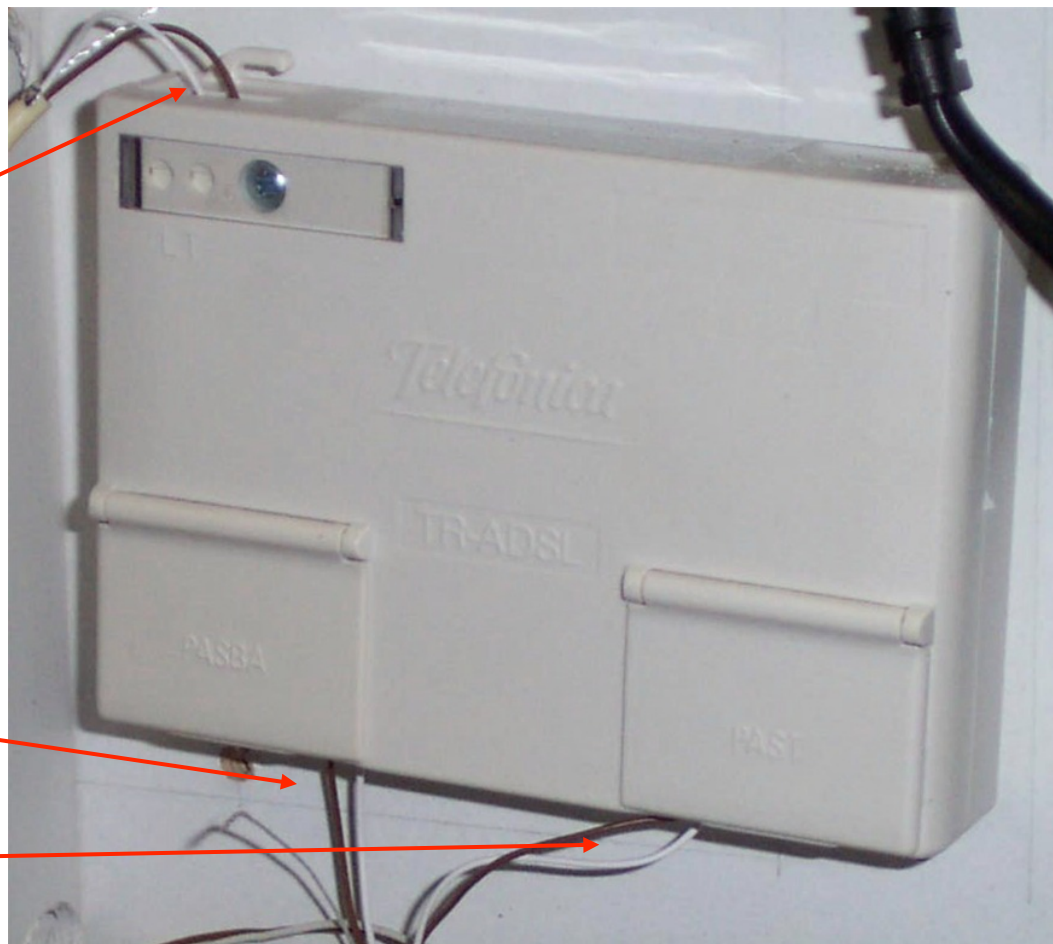


# Splitter ADSL

**Bucle de abonado  
(2 hilos, de la central)**

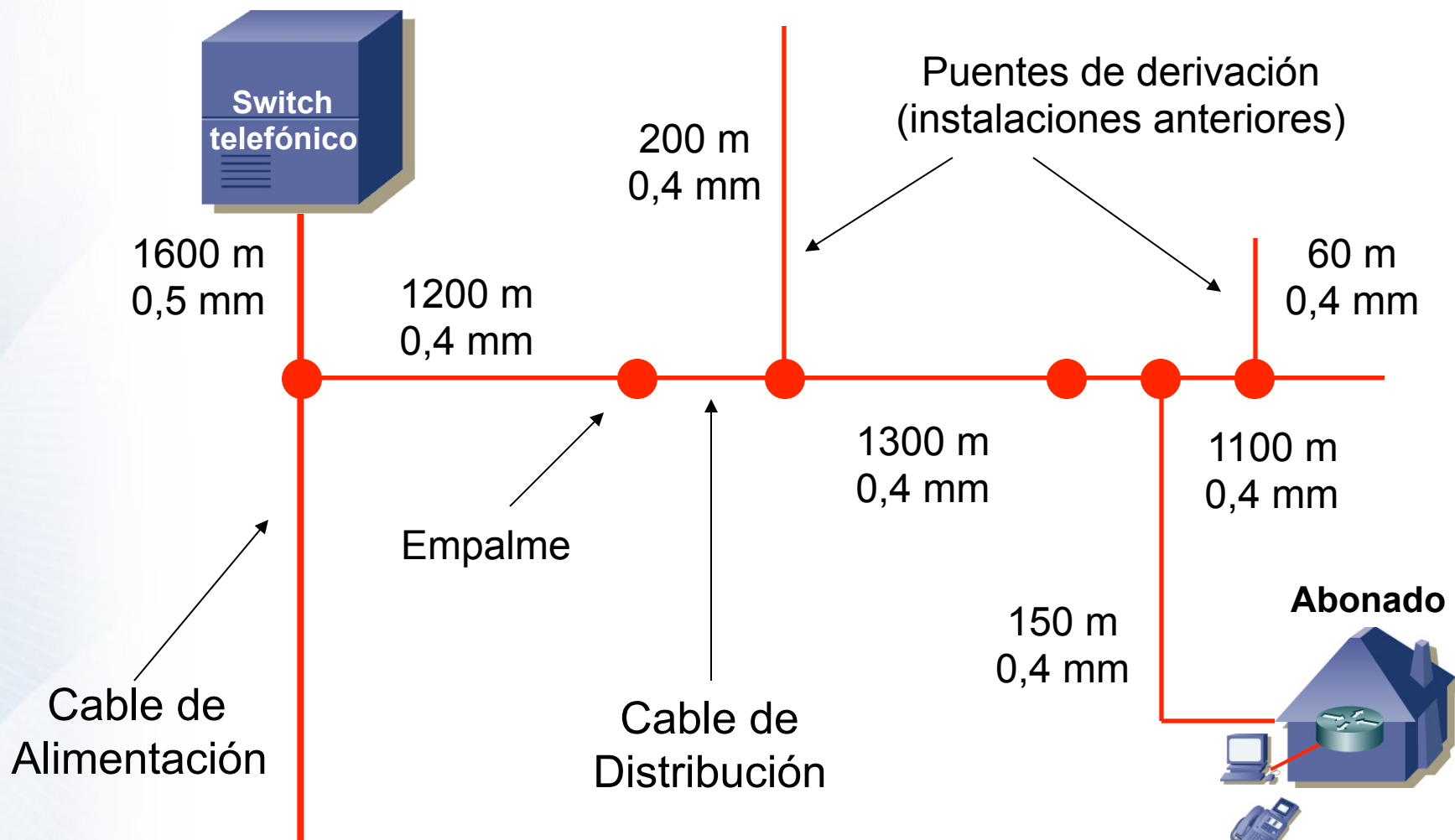
**Módem ADSL**

**Teléfono**



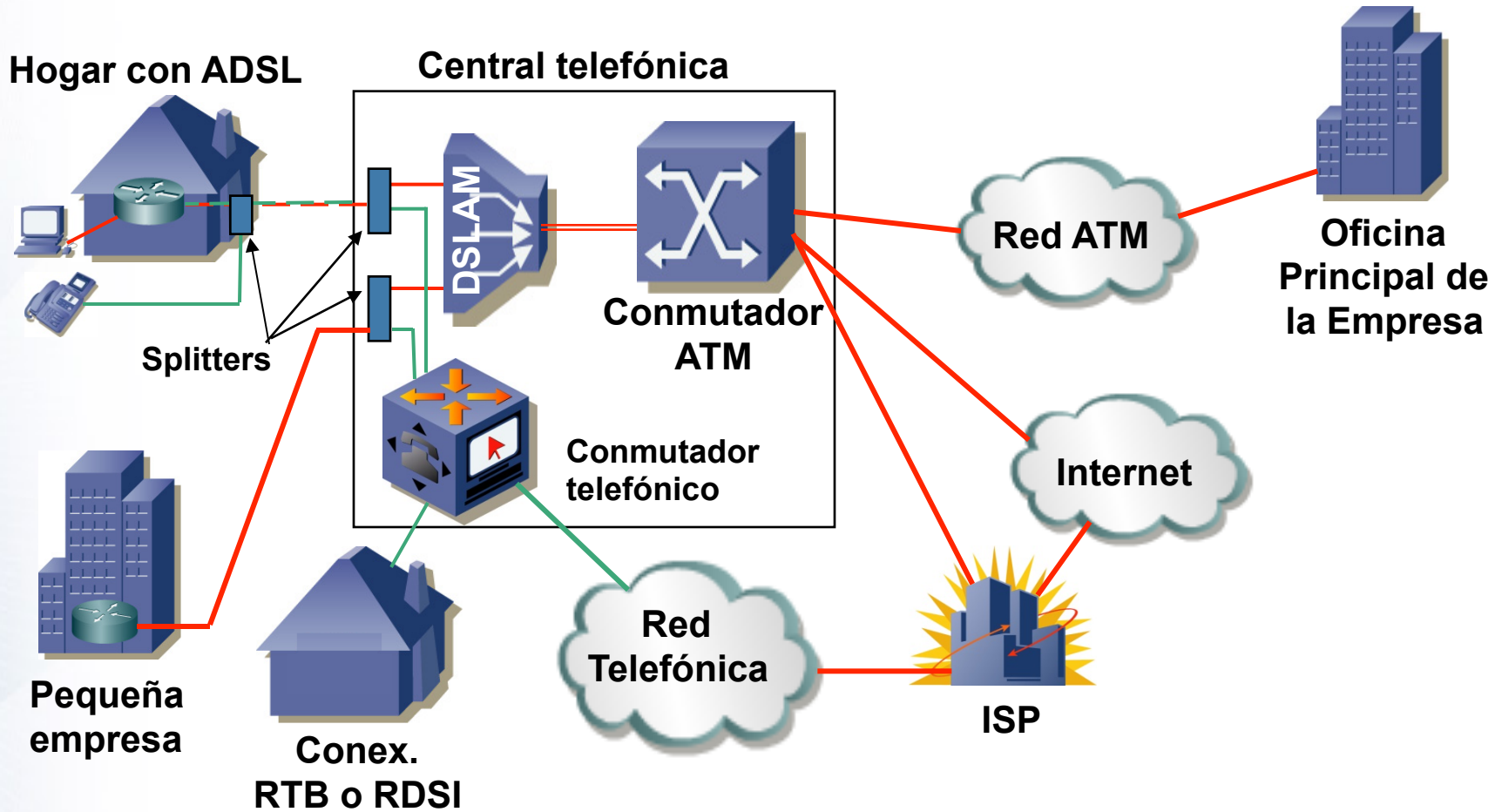


# Bucle de abonado





# Esquema global de ADSL





# Modulación DMT

## Discrete MultiTone

- 256 subcanales (bins) de 4,3125 KHz de anchura (frecuencias 0-1104 KHz). Los bins más bajos se reservan para la voz, los siguientes se asignan al tráfico ascendente y el resto al descendente
- Los datos se envían repartidos entre todos los bins
- Cada bin tiene una atenuación relativamente constante
- En cada bin se usa la técnica de modulación óptima según su relación señal/ruido.
- La necesidad de distribuir el tráfico en los bins requiere que el módem tenga un procesador muy potente.



# Reparto de bins en ADSL DMT

Servicio	Bins	Rango frecuencias (KHz)
Teléfono analógico	0-5	0-25,9
Tráfico ascendente	6-38	25,9-168,2
Tráfico descendente	33-255	142,3-1104

En la práctica los bins se asignan a cada servicio de forma que haya una banda de separación, para evitar interferencias.

La asignación de bins se elige para cada DSLAM independientemente



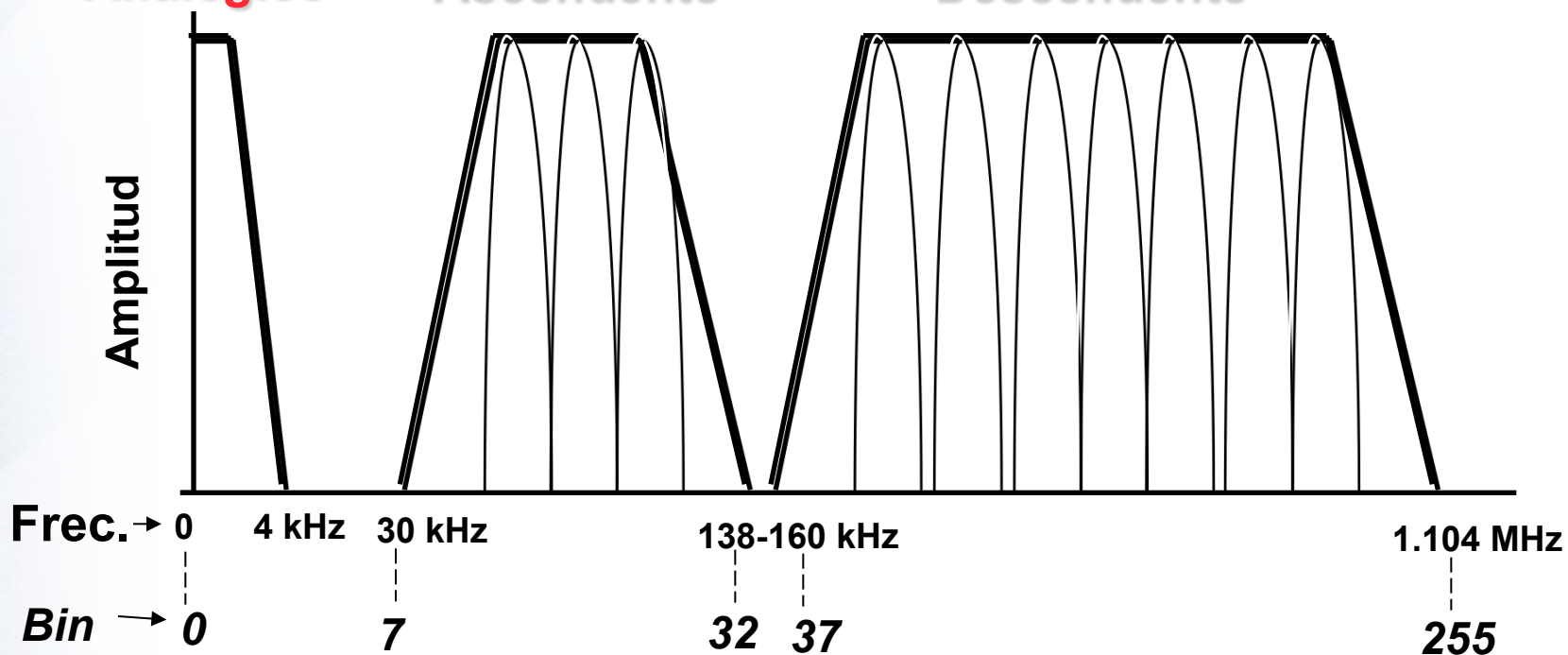
# Reparto de los canales

Los canales ascendente y descendente están separados

**Teléfono Analógico**

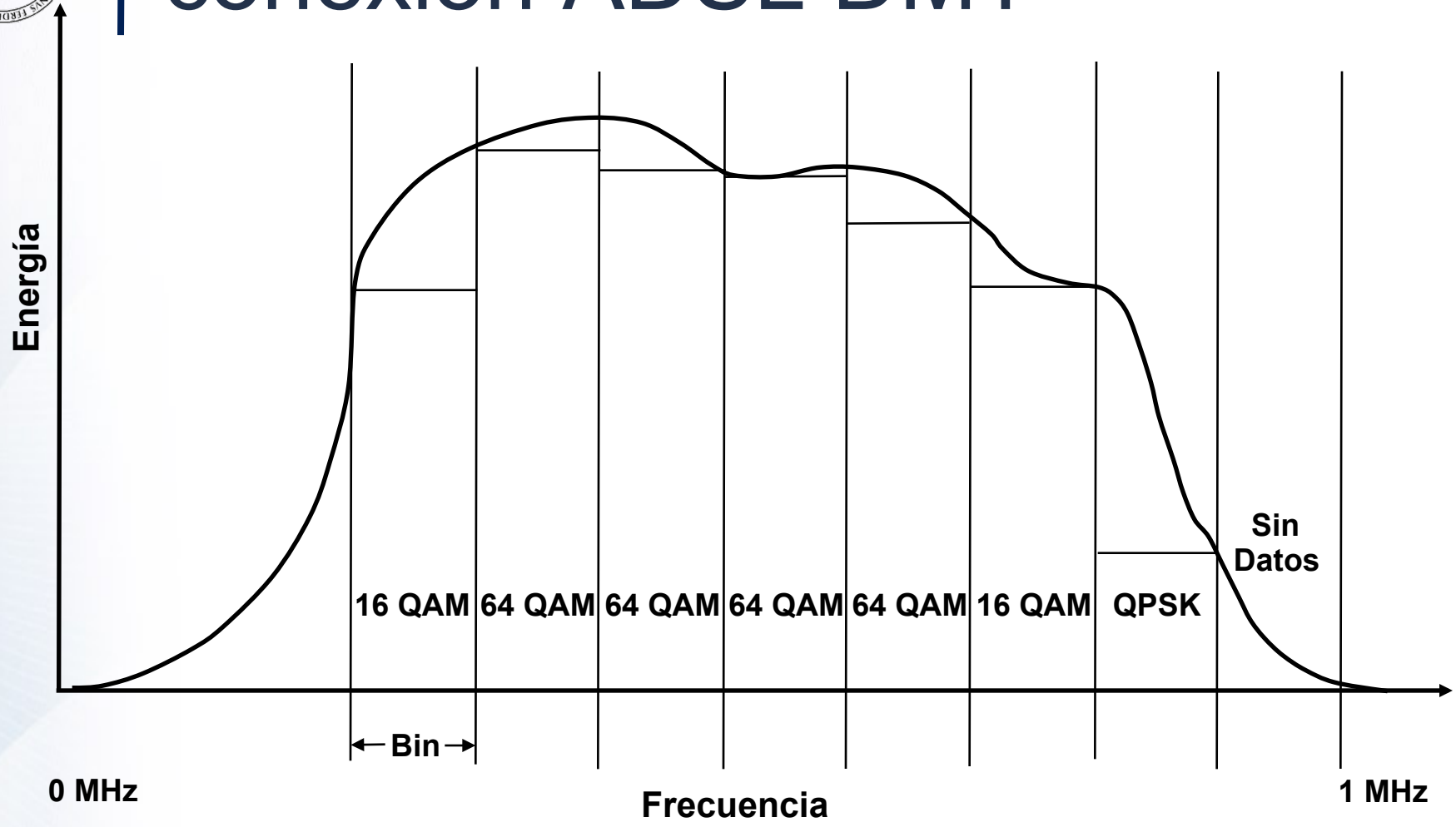
**Canal Ascendente**

**Canal Descendente**

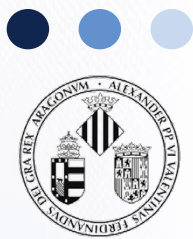




# Modulaciones en una conexión ADSL DMT

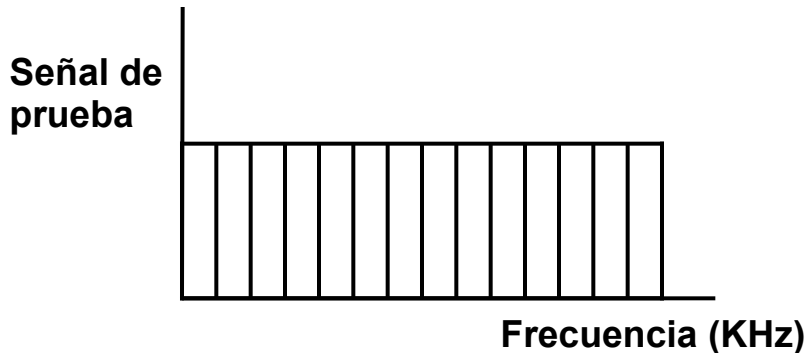


4 Ksímbolos/s por bin. Eficiencia máxima: 16 bits/símbolo

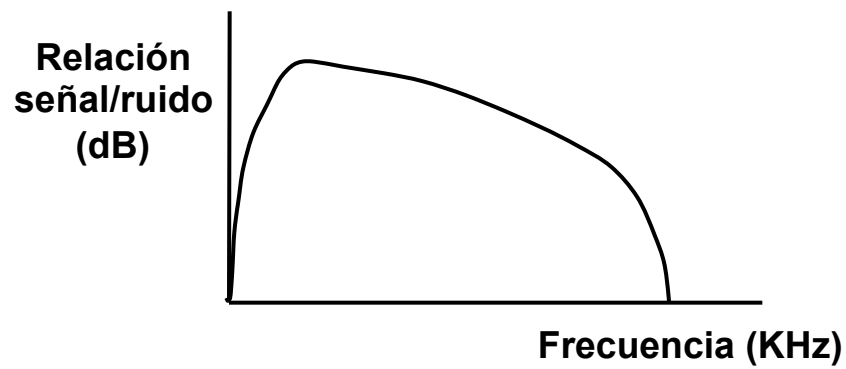


# Proceso de negociación de ADSL DMT

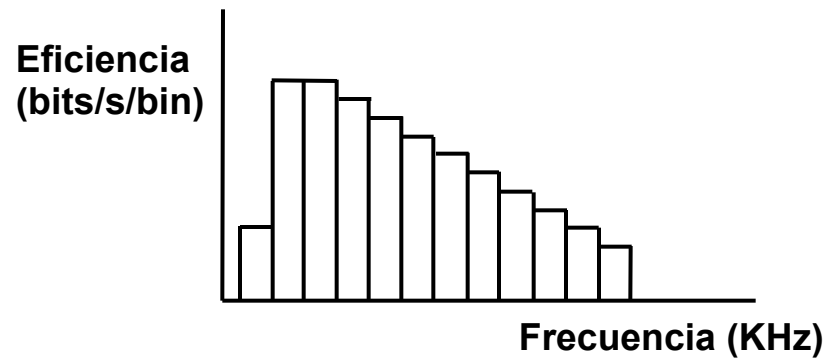
1: Se envía una señal de prueba en toda la gama de frecuencias para determinar la calidad de cada bin



2: A partir de los resultados obtenidos se determina la relación señal/ruido para el enlace a cada una de las frecuencias que se van a utilizar



3: En base a la relación señal/ruido se decide la codificación a emplear en cada bin, y con ello la cantidad de bits por segundo enviados en cada uno







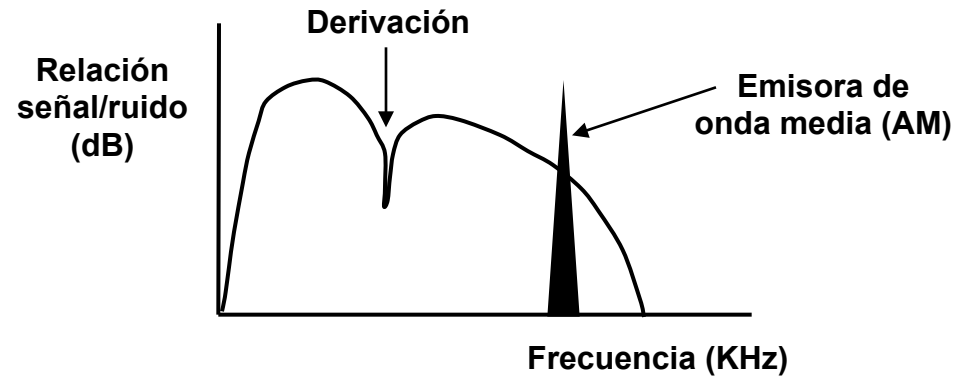
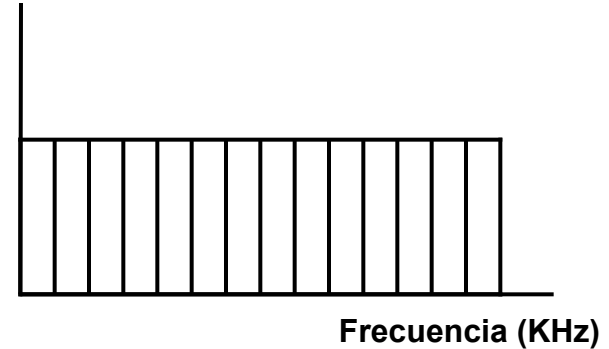
# Interferencias externas en ADSL

Se muestra aquí la influencia de algunas interferencias en el resultado del proceso de negociación. Como antes se envía una señal de prueba en toda la gama de frecuencias para determinar la calidad de cada bin

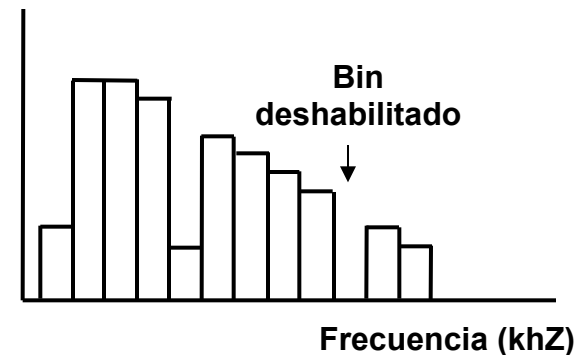
En este caso tenemos una derivación debida a un cable no retirado de una instalación anterior. Esto produce una pérdida de calidad de la señal en una determinada frecuencia. También hay una interferencia de emisora de AM

Como consecuencia de estos problemas los módems han decidido reducir la eficiencia en el bin correspondiente a la derivación, e inhabilitar por completo el bin correspondiente a la frecuencia de la emisora de onda media

Señal de prueba



Eficiencia (bits/s/bin)





# Parámetros físicos de un router ADSL 4000/512

```
reglaro#Show dsl int atm0
                                     ATU-R (DS)                               ATU-C (US)
Modem Status:                       Showtime (DMTDSL_SHOWTIME)
DSL Mode:                             ITU G.992.1 (G.DMT)
ITU STD NUM:                          0x01                               0x01
Vendor ID:                            'ALCB'                               'GSPN'
Vendor Specific:                      0x0000                               0x0007
Vendor Country:                      0x00                               0x00
Capacity Used:                        59% ← Max. 6780 Kb/s           68% ← Max. 753 Kb/s
Noise Margin:                         20.5 dB                               5.0 dB
Output Power:                         20.0 dBm                               0.5 dBm
Attenuation:                          30.5 dB                               18.0 dB
Defect Status:                        None
Last Fail Code:                       Message error
Selftest Result:                      0x00
Subfunction:                          0x02
Interrupts:                           673 (1 spurious)
Activations:                          5
Init FW:                              embedded
Operartion FW:                       embedded
SW Version:                           3.9.19
FW Version:                           0x1A04
```



# Parámetros físicos de router ADSL 4000/512

```
reglaro#Show dsl int atm0
```

```

                                ATU-R (DS)
                                Interleave      Fast
Speed (kbps):                   4000           0
Reed-Solomon EC:                 774           0
CRC Errors:                       6           0
Header Errors:                   4           0
Bit Errors:                       0           0
BER Valid sec:                   0
BER Invalid sec:                  0           0
LOM Monitoring : Disabled
DMT Bits Per Bin
00: 0 0 0 0 0 0 0 5 6 6 7 7 7 8 8 8 }
10: 8 8 8 8 9 9 8 8 8 7 7 6 6 6 0 0 }
20: 0 0 0 0 0 0 5 5 6 6 6 7 7 7 8 8 }
30: 8 8 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 }
40: 0 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 7 7 7 7 7 }
50: 7 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 2 8 8 8 }
60: 8 8 8 8 8 8 8 9 9 9 9 9 9 8 8 9 }
70: 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 }
80: 8 8 8 8 8 8 8 8 7 7 7 7 7 7 7 7 }
90: 7 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 5 5 5 5 5 }
A0: 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 }
B0: 5 5 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 5 5 4 }
C0: 5 5 5 5 5 5 5 5 4 4 4 3 3 4 4 4 }
D0: 5 5 5 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 }
E0: 4 4 3 3 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 0 0 }
F0: 0 0 2 2 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 }
Training log buffer capability is not enabled yet.

```

Bins ascendentes

(Bin 40 no utilizado)

Bins descendentes

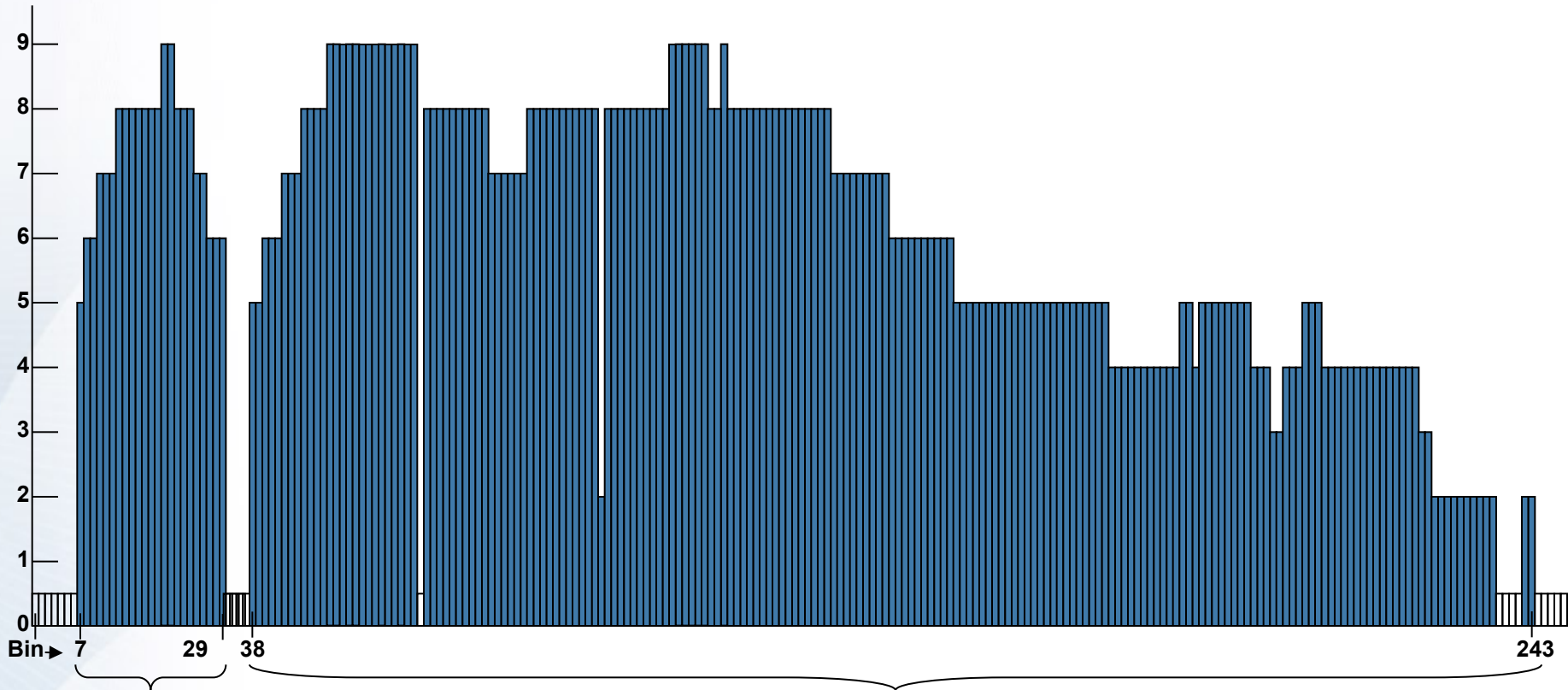


# Utilización de bins en el router ADSL 4000/512

TECNOLOGÍAS - xDSL

Bits/símbolo

Caudal contratado: 4000 desc / 512 asc Kb/s



Canal ascendente: bins 7 a 29  
21,875 – 93,75 KHz  
672 Kb/s

Canal descendente: bins 38 a 243  
118,75 – 762,5 KHz  
4964 Kb/s



# Parámetros físicos de router ADSL 8000/640

```
reglaro#show dsl int atm0
```

ATU-R (DS)

ATU-C (US)

Capacity Used: 98%  
Noise Margin: 10.5 dB  
Output Power: 20.0 dBm  
Attenuation: 30.0 dB

Max. 6694 Kb/s

86%  
15.0 dB  
12.0 dBm  
18.0 dB

Max. 744 Kb/s

	Interleave	Fast	Interleave	Fast
Speed (kbps):	6560	0	640	0
Reed-Solomon EC:	8349	0	3	1
CRC Errors:	39	0	3	0
Header Errors:	35	0	1	1
Bit Errors:	0	0		
BER Valid sec:	0	0		

Errores

BER Invalid sec: 0 0  
LOM Monitoring : Disabled

DMT Bits Per Bin

```
00: 0 0 0 0 0 0 0 7 7 8 9 9 9 9 9 A A A A A A 9 9 9 9 8 8 8 7 6 0 0
20: 0 0 0 0 0 0 0 8 8 9 9 9 A A A B B B B C C C C C C C C C C C C C C
40: 0 2 B B B B B B B B A A A A A A A A A A B B B B B B B B B B B
60: B B B B B B C C C C C C C C C C B C C B C C B B B B B B B B B
80: B A A B B B B A A A A A A A A A A 9 9 9 9 9 9 9 9 8 8 8 8 8
A0: 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 7 7 7 8 8 8 8 8 8 7 8 8 8 8
C0: 8 8 8 8 8 8 8 7 8 8 8 8 8 8 7 7 7 7 8 8 8 8 7 7 7 7 7 7 7
E0: 7 7 6 6 6 6 6 6 5 5 5 5 4 4 4 5 5 5 4 4 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
```

800 Kb/s (asc.)

7564 Kb/s (desc.)



# Parámetros ATM de ADSL en España

Entre julio y octubre de 2005 Telefónica aumentó las velocidades de los accesos ADSL de la siguiente forma:

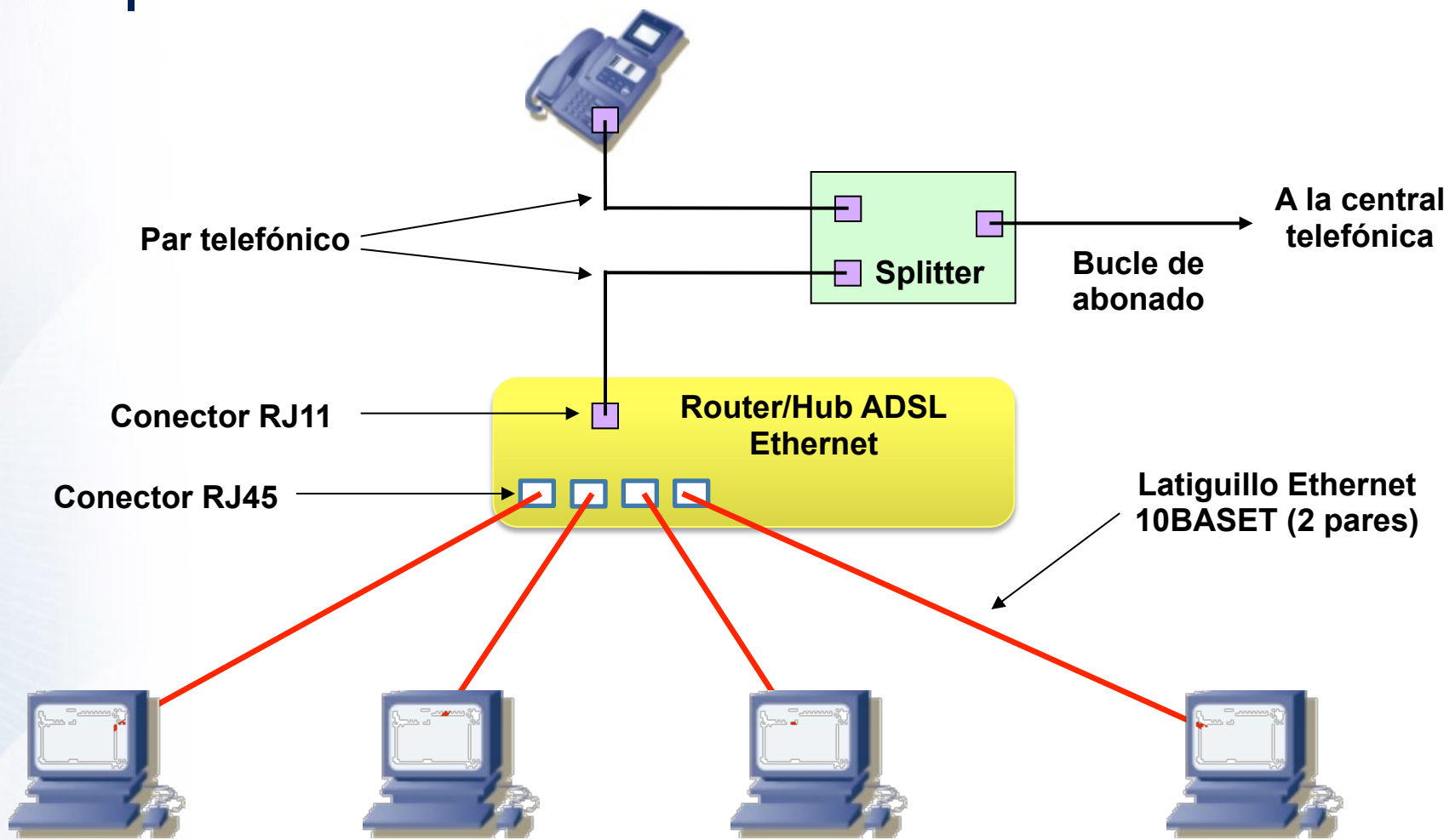
([http://www.telefonicaonline.com/qx/manual/RE\\_04\\_07\\_22\\_10\\_Upgrade.pdf](http://www.telefonicaonline.com/qx/manual/RE_04_07_22_10_Upgrade.pdf))

Servicio	PCR antes (desc./asc., Kb/s)	PCR después (desc./asc., Kb/s)	SCR* (%)	CDVT (ms)	MBS (celdas)
Reducido	512 / 128 (UBR)	1000 / 300 (UBR)	-	-	-
Básico	512 / 128	1000 / 300	10	? / 4	? / 32
Class	1000 / 300	2000 / 300	10	0,7 / 32	64 / 32
Avanzada	2000 / 300	4000 / 512	10	? / ?	? / ?
Premium	4000 / 512	8000 / 640	10	? / ?	? / ?
ACG Class	1000 / 512	2000 / 640	50	? / ?	? / ?
ACG Avanzada	2000 / 512	4000 / 640	50	? / ?	? / ?
ACG Premium	4000 / 512	8000 / 640	50	? / ?	? / ?

(\*) Las celdas que superan el SCR no se descartan, se marcan con CLP=1



# Conexión de un router/hub ADSL





# ADSL G. Lite ITU G.922.2

- ADSL requiere instalar en casa del usuario un filtro de frecuencias o 'splitter' (teléfono de ADSL)
- El splitter aumenta el costo de instalación y limita el desarrollo
- ADSL G.Lite suprime el splitter. También se llama ADSL Universal o ADSL 'splitterless'
- Sin splitter hay más interferencias, sobre todo a altas frecuencias



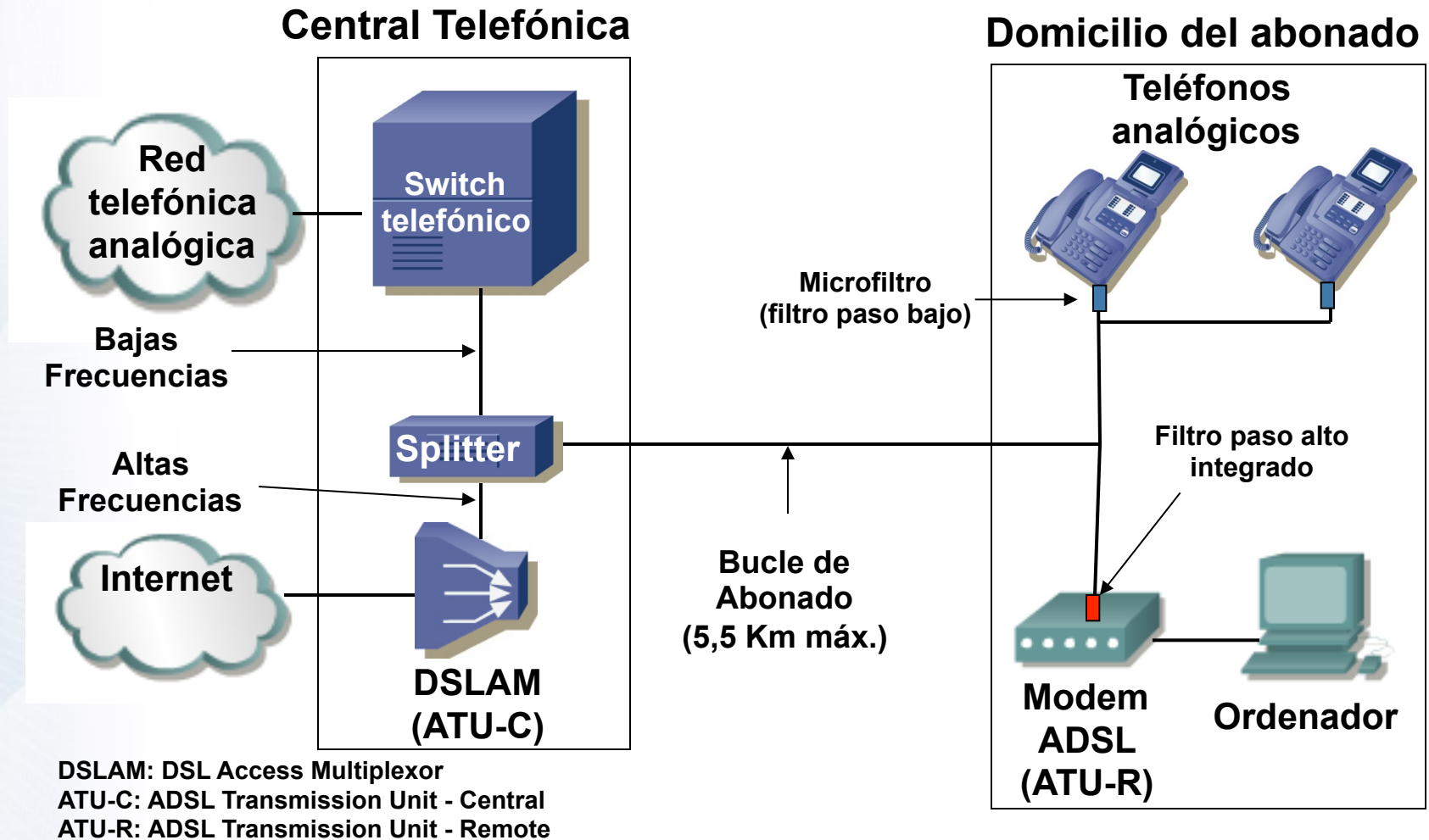


# ADSL G. Lite ITU G.922.2

- Rendimiento máximo: 1-1,5 Mb/s en desc. y 100-200 Kb/s en asc. (suficiente para la mayoría de aplicaciones actuales)
- Hay DSLAMs que pueden interoperar con módems ADSL o ADSL G.Lite



# Configuración de ADSL G.Lite o 'splitterless'





# Relación Caudal/grosor /alcance en ADSL

- La capacidad depende también de la calidad del cable. Si el bucle de abonado tiene muchos empalmes la capacidad se reduce
- En ADSL los caudales que se especifican son siempre netos, es decir ya está descontado el overhead debido a la corrección de errores (FEC)

<b>Caudal Desc. (Mb/s)</b>	<b>Grosor (mm)</b>	<b>Alcance (Km)</b>
2	0,5	5,5
2	0,4	4,6
6,1	0,5	3,7
6,1	0,4	2,7



# Problemas de ADSL

- Algunos usuarios (10%) se encuentran demasiado lejos (más de 5,5 Km) de una central telefónica.
- A veces (5%) a distancias menores no es posible la conexión por problemas del bucle (empalmes, etc.).
- No es posible asegurar a priori la disponibilidad del servicio, ni el caudal máximo disponible. Hay que hacer pruebas para cada caso.
- Los caudales elevados (>4M) se consiguen raramente.
- ADSL sufre interferencias por emisiones de radio de AM (onda media y onda larga).



# Rate Adaptative DSL

- Versión 'inteligente' de ADSL que adapta la capacidad dinámicamente a las condiciones de la línea, como los módems V.34 (28,8 Kb/s) de red telefónica conmutada
- Permite obtener un rendimiento óptimo en todas las condiciones
- Está disponible actualmente en la mayoría de las implementaciones de ADSL y ADSL G.Lite



# Estándares ADSL de la ITU-T

Nombre oficial	Nombre común	Distancia a max. (m)	Capacidad max. Asc./desc. (Mb/s)	Frec. Max. (KHz)	Fecha aprob.
G 992.1	ADSL G.dmt	<5500	1,8/12	1100	7/97
G 992.2	ADSL Lite (G.Lite o splitterless)		0,5/1,5	512	7/99
G 992.3	ADSL2	<3700	3,5/12	1100	7/02
G 992.4	ADSL2 splitterless		0,5/1,5		7/02
G 992.5	ADSL2+	<2800	3,5/24	2200	5/03



# Características técnicas de una línea ADSL2+

Accès gratuit

- Freebox
- WiFi / MIMO - Routeur
- Téléphonie
- Télévision
- Plateforme multimédia

Espace Abonnés

- Identifiez-vous

Plus d'infos

- Nos offres
- Le dégroupage
- Fibre optique

Assistance

- Documentations
- Faq

Informations Techniques facultatives réservées à un public averti !

Ligne téléphonique 01 58 60 13 95

Raccordée actuellement en offre **Freebox dégroupé total sur numéro inactif**

NRA : MAR75  
Longueur : 1138 mètres  
Affaiblissement : 16 dB

Votre adresse IP/masque 82.227.65.50 / 24  
Passerelle (gateway) 82.227.65.254

Votre numéro de téléphone Freebox est le 09 50 15 09 28

Votre ligne est raccordée à un DSLAM compatible ADSL2+

DSLAM mar75-4 ligne 3 / 4 / 1 (3)

Uncompatible line conditions	0
Unselectable operation mode	0
Spurious atu detected	0
No lock possible	0
Forced silence	0
Protocol error	0
Timeout	0
Attainable bitrate	928 kb/s (up) 7616 kb/s (down)
Capacity occupation	0 (up) 0 (down)
Chan data Interleave	7616 (far) 928 (near)
Chan data Fast Path	0 (far) 0 (near)
Attenuation	13 dB (up) 27 dB (down)
Noise margin	10 dB (up) 13 dB (down)
Output power	10 (up) 18 (down)
Interleave	
Fec	0 (far) 301 (near)
Hec	21 (far) 8 (near)
Crc	21 (far) 6 (near)
Rx cells	136519000
Tx cells	165753974
Fast Path	
Fec	0 (far) 301 (near)
Hec	21 (far) 8 (near)
Crc	21 (far) 6 (near)
Rx cells	136519000
Tx cells	165753974
Interleaved profile required for G-DMT lite	0
Requested bitrate too high for G-DMT lite	0



# Otros tipos de xDSL

- HDSL: High Speed DSL
- SDSL: Single-line (o Symmetric) DSL
- VDSL: Very high speed DSL
- En todos los casos sólo se utiliza de la red telefónica el bucle de abonado, empleando una red específica para datos a partir de allí





# HDSL (High Speed DSL)

- Ofrece un canal simétrico de 2 Mb/s. Alcance máximo unos 4 Km
- Se emplea actualmente para líneas punto a punto de 2 Mb/s, en vez de los sistemas tradicionales
- Ventajas sobre una línea 2 Mb/s convencional:
  - Mayor alcance sin repetidores
  - Posibilidad de poner varias líneas de 2 Mb/s en un mismo mazo de cables



# HDSL (High Speed DSL)

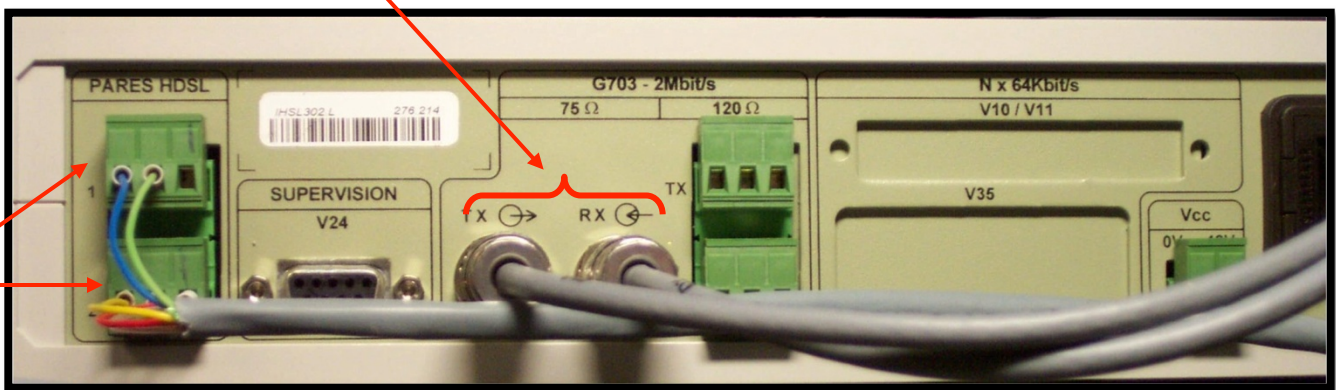
- Para reducir la frecuencia de la señal divide el caudal a transmitir entre 2 ó 3 pares
- Es inapropiado para RBB por varias razones:
  - Utiliza dos o tres pares de hilos (reparte la señal)
  - Incompatible con la voz (utiliza las frecuencias bajas)
  - Emplea el mismo rango de frecuencias para cada sentido, por lo que es más sensible a eco e interferencias que ADSL



# Ejemplo HDSL (2 Mbps)



Conexión al router  
(interfaz G.703)



Cable de la central (2 pares)

Vista posterior



# SDSL (Symmetric DSL)

- Parecido a HDSL (simétrico) , pero usa sólo un par de hilos
- Alcance menor que HDSL (unos 3 Km) ya que transmite toda la información por un par. El caudal varía entre 2 Mb/s y 160 Kb/s según las condiciones de la línea
- Incompatible con la voz (no reserva la parte baja de frecuencias)
- Aun no está estandarizado



# VDSL (ó VHDSL): Very High Bitrate Digital Subscriber Line

- Hasta 50 Mb/s. Lleva al extremo las posibilidades del bucle de abonado en distancias cortas
- Estándar ITU-T G.993.1
- Esta muy desarrollado en Japón y Corea
- VDSL-2: ITU-T G.993-2. Utiliza hasta 30 MHz y llega a 100 Mb/s. Alcance: 300 m
- Compite con los accesos FTTN

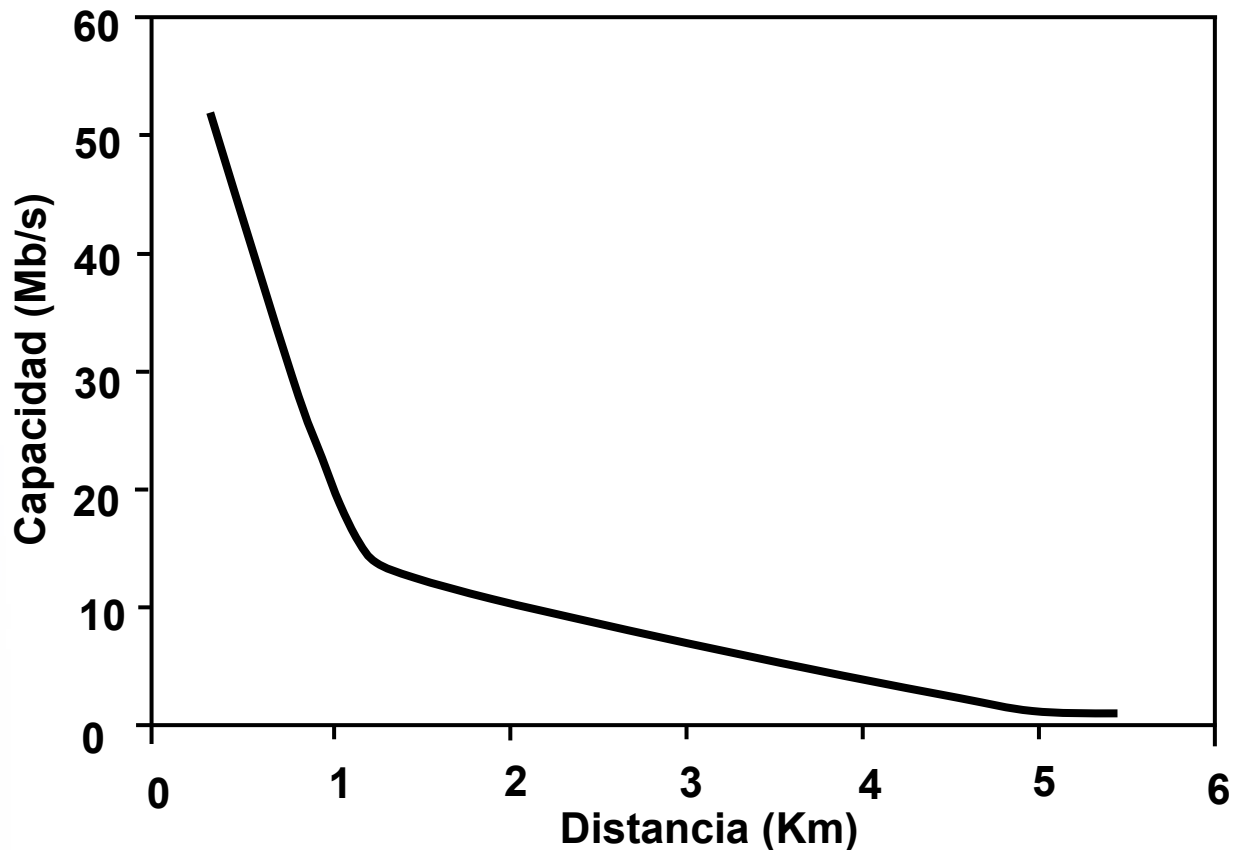


# VDSL (Very High Speed DSL)

- Es el 'super-ADSL'. Permite capacidades muy grandes en distancias muy cortas.
- Las distancias y caudales en sentido descendente son:
  - 300 m                      51,84 – 55,2 Mb/s
  - 1000 m                    25,92 – 27,6 Mb/s
  - 1500 m                    12,96 – 13,8 Mb/s
- En ascendente se barajan tres alternativas:
  - 1,6 – 2,3 Mb/s
  - 19,2 Mb/s
- Igual que en descendente (simétrico)



# Velocidad según distancia



Ámbito de ADSL

Ámbito de VDSL



# VDSL (Very High Speed DSL)

- Utiliza un par de hilos. Compatible con voz
- Aunque su capacidad es superior a ADSL técnicamente es más simple (al reducir la distancia es más fácil conseguir capacidades elevadas)

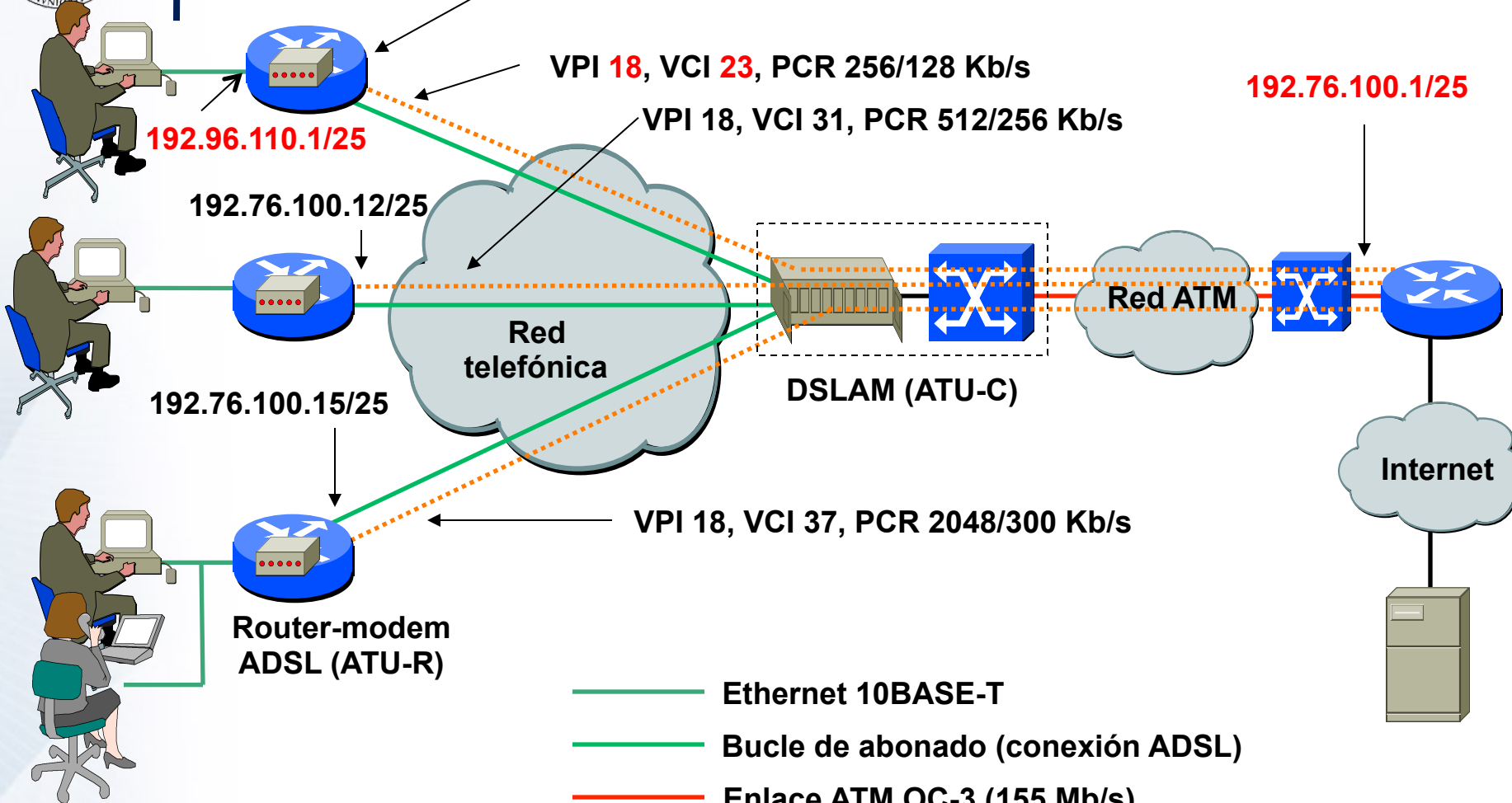




# Comparación entre xDSL

Servicio	Modulación	Capacidad desc./asc. (Mb/s)	Distancia Max. (Km)	Compatible con voz
ADSL	CAP ó DMT	8/1	5,5	SI
ADSL G.Lite	CAP ó DMT	1,5/0,2	5,5	SI
HDSL	OPTIS	2/2	4,6	NO
SDSL	2B1Q ó CAP	2/2	3,0	NO
VDSL	Por decidir	13-52/1,6-2,3 ó 13-52/13-52	1,5	SI

# Arquitectura de una red ADSL



- Ethernet 10BASE-T
- Bucle de abonado (conexión ADSL)
- Enlace ATM OC-3 (155 Mb/s)
- ..... Circuito permanente ATM

# Configuración de un router ADSL usando RFC 1483



## Configuration Summary

DSL Receive Rate **256000** ← *Caudal descendente (bits/s)*

DSL Transmit Rate **128000** ← *Caudal ascendente (bits/s)*

DSL Interface State Up

DSL WAN IP Address **192.76.100.7** } ← *Interfaz ADSL*

DSL WAN Subnet Mask **255.255.255.128**

Ethernet LAN IP Address **192.96.110.1** } ← *Interfaz Ethernet*

Ethernet LAN Subnet Mask **255.255.255.192**

Default IP Gateway **192.76.100.1** ← *Ruta por defecto (por la ADSL)*

VPI/VCI **18/23** ← *Números de circuito ATM asignados por el operador (Virtual Path Identifier y Virtual Circuit Identifier)*

Encapsulation Protocol **R1483**

## Currently Configured Connections (Virtual Circuits)

VPI **18**

VCI **23**

Type **R1483** ← *Indica la forma como se transportan los paquetes IP en celdas ATM (según RFC 1483)*

Mux LLC

PCR Max

IP Address **192.76.100.7**

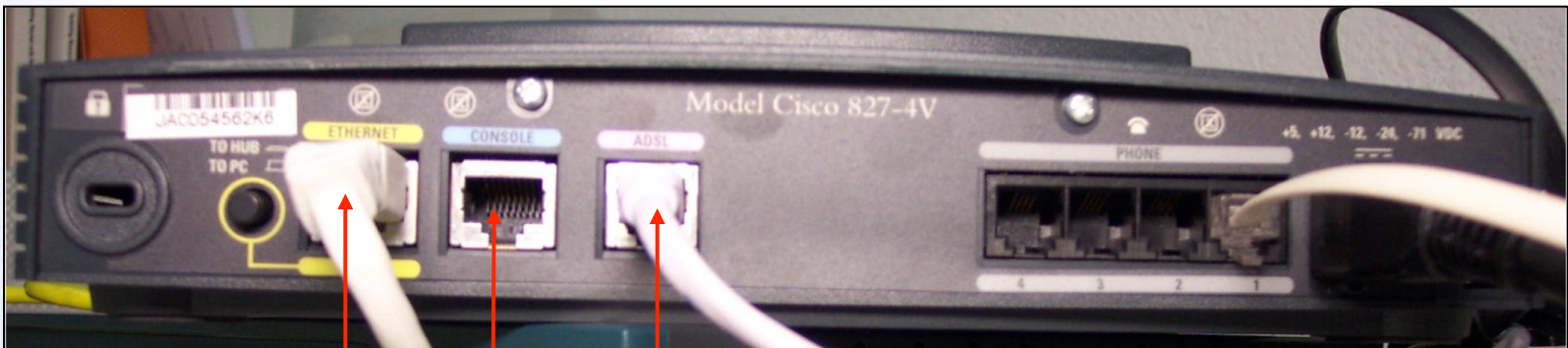
Netmask **255.255.255.128**

## IP Routing Table

Type	Destination	Netmask	Gateway	Flags	Interface
Network	0.0.0.0	0.0.0.0	192.76.100.1	GU	rr0 1483 Routed
Network	127.0.0.0	255.0.0.0	127.0.0.1	U	lo0 Loopback
Network	192.96.110.0	255.255.255.192	192.96.110.1	U	cpm0 Ethernet
Network	192.76.100.0	255.255.255.128	192.76.100.1	U	rr0 1483 Routed



# Router Ethernet/ADSL (Cisco 827-4V)



Ethernet  
10BASE-T  
(RJ45)

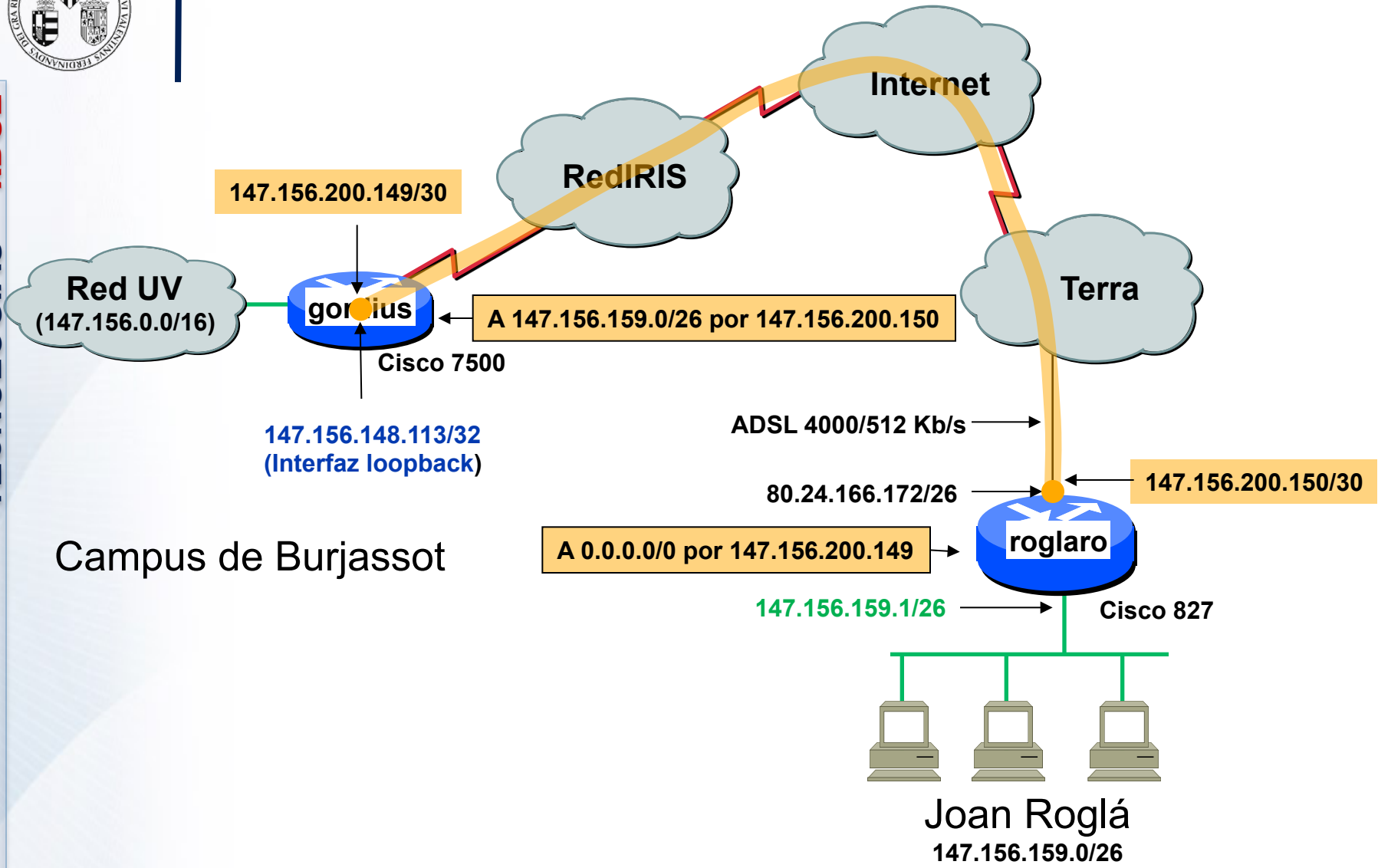
Consola  
(RJ45)

ADSL  
(RJ11)

Conexiones telefónicas  
(RJ11) para aplicaciones  
de voz sobre IP



# Conexiones ADSL/VPN en UV



Campus de Burjassot

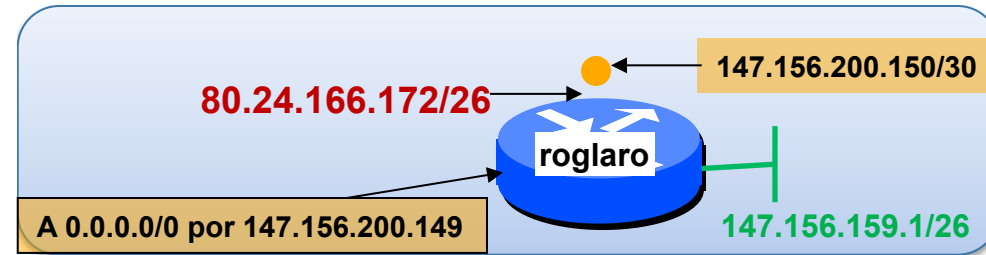
# Config. router *roglaro* con túnel VPN

```
roglaro#show conf
! router C827-4V
! IOS version 12.1(5)
!
```

```
interface Tunnel0
bandwidth 512
```

**Interfaz virtual túnel**  
**Caudal ascendente (para métrica de routing)**

```
ip address 147.156.200.150 255.255.255.252
tunnel source ATM0.1
tunnel destination 147.156.148.113
tunnel mode ipip
```



```
!
interface Ethernet0
ip address 147.156.159.1 255.255.255.192
ip helper-address 147.156.1.1
ip tcp adjust-mss 1412
```

**Dirección del servidor BOOTP/DHCP**  
**Tamaño de MSS para evitar fragmentación**

```
!
interface ATM0
no ip address
no atm ilmi-keepalive
pvc 0/16 ilmi
!
bundle-enable
dsl operating-mode auto
```

**Interfaz física ADSL/ATM**

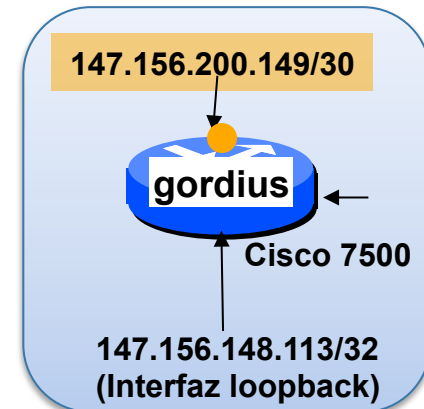
```
!
interface ATM0.1 point-to-point
description ADSL telefono 963692769
bandwidth 512
ip address 80.24.166.172 255.255.255.192
pvc 8/32
vbr-nrt 512 512 1
encapsulation aal5snap
```

**Subinterfaz ATM**

**Caudal ascendente (para métrica de routing)**  
**IP en la subred ADSL (asignado por operador)**  
**No. Circuito ATM (asignado por operador)**  
**Caudal ascendente (SCR/PCR para gestión de tráfico)**

```
!
ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 147.156.200.149
ip route 147.156.148.113 255.255.255.255 ATM0.1
```

**Ruta por defecto: enviar todo por Tunnel0**  
**Ruta host para que haga el túnel por ATM0.1**





# 'show int' interfaz ATM/ADSL en *roglaro*

```
roglaro#show int ATM0
```

```
ATM0 is up, line protocol is up
```

```
Hardware is PQUICC_SAR (with Alcatel ADSL Module)
```

```
MTU 1500 bytes, sub MTU 1500, BW 640 Kbit, DLY 80 usec,
```

```
reliability 255/255, txload 1/255, rxload 1/255
```

```
Encapsulation ATM, loopback not set
```

```
Keepalive not supported
```

```
Encapsulation(s): AAL5, PVC mode
```

```
11 maximum active VCs, 6 current VCCs
```

```
VC idle disconnect time: 300 seconds
```

```
Last input 00:01:20, output 00:00:00, output hang never
```

```
Last clearing of "show interface" counters never
```

```
Input queue: 0/75/0/0 (size/max/drops/flushes); Total output drops: 0
```

```
Queueing strategy: Per VC Queueing
```

```
5 minute input rate 1000 bits/sec, 1 packets/sec
```

```
5 minute output rate 1000 bits/sec, 2 packets/sec
```

```
3943859 packets input, 1658086649 bytes, 0 no buffer
```

```
Received 0 broadcasts, 0 runts, 0 giants, 0 throttles
```

```
0 input errors, 180 CRC, 0 frame, 0 overrun, 0 ignored, 0 abort
```

```
4398435 packets output, 365844776 bytes, 0 underruns
```

```
0 output errors, 0 collisions, 1 interface resets
```

```
0 output buffer failures, 0 output buffers swapped out
```

**Máximo caudal  
ascendente en ADSL**



# 'show int' interfaz túnel en *roglaro*

```
roglaro#show int Tunnel0
```

```
Tunnel0 is up, line protocol is up
```

```
Hardware is Tunnel
```

```
Internet address is 147.156.200.150/30
```

```
MTU 1514 bytes, BW 512 Kbit, DLY 500000 usec,  
reliability 255/255, txload 1/255, rxload 1/255
```

```
Encapsulation TUNNEL, loopback not set
```

```
Keepalive set (10 sec)
```

```
Tunnel source 80.24.166.172 (ATM0.1), destination 147.156.148.113
```

```
Tunnel protocol/transport IP/IP, key disabled, sequencing disabled
```

```
Checksumming of packets disabled, fast tunneling enabled
```

```
Last input 00:00:00, output 00:00:00, output hang never
```

```
Last clearing of "show interface" counters never
```

```
Queueing strategy: fifo
```

```
Output queue 0/0, 0 drops; input queue 0/75, 0 drops
```

```
5 minute input rate 1000 bits/sec, 2 packets/sec
```

```
5 minute output rate 2000 bits/sec, 2 packets/sec
```

```
2553453 packets input, 879756948 bytes, 0 no buffer
```

```
Received 0 broadcasts, 0 runts, 0 giants, 0 throttles
```

```
0 input errors, 0 CRC, 0 frame, 0 overrun, 0 ignored, 0 abort
```

```
1193881 packets output, 232043971 bytes, 0 underruns
```

```
0 output errors, 0 collisions, 0 interface resets
```

```
0 output buffer failures, 0 output buffers swapped out
```

←  
Específico de  
interfaces Túnel





# Configuración router *gordius* (extremo remoto túnel VPN)

```
show conf
```

```
...
```

```
!
```

```
hostname gordius
```

```
!
```

```
interface Loopback0
```

```
ip address 147.156.148.113 255.255.255.255
```

```
!
```

```
interface Tunnel1
```

```
description Tunel a Joan Rogla (ADSL) telefono 963692769
```

```
bandwidth 4000
```

```
ip address 147.156.200.149 255.255.255.252
```

```
tunnel source Loopback0
```

```
tunnel destination 80.24.166.172
```

```
tunnel mode ipip
```

```
!
```

```
ip route 147.156.159.0 255.255.255.192 Tunnel1
```

```
!
```

```
...
```

```
end
```

Interfaz virtual Loopback0

Interfaz virtual Tunnel1

Caudal descendente (4 Mb/s)

IP en el otro lado del túnel (como si fuera una línea serie)

IP asignada al acceso ADSL por el operador

Ruta hacia la LAN del router ADSL



# 'show int' interfaz túnel *gordius*

```
gordius# show int Tunnel1
```

```
Tunnel1 is up, line protocol is up
```

```
Hardware is Tunnel
```

```
Description: Tunel a Joan Rogla ADSL telefono 963692769
```

```
Internet address is 147.156.200.149/30
```

```
MTU 1514 bytes, BW 4000 Kbit, DLY 500000 usec, rely 255/255, load 1/255
```

```
Encapsulation TUNNEL, loopback not set, keepalive set (10 sec)
```

```
Tunnel source 147.156.148.113 (Loopback0), destination 80.24.166.172
```

```
Tunnel protocol/transport IP/IP, key disabled, sequencing disabled
```

```
Checksumming of packets disabled, fast tunneling enabled
```

```
Last input 00:00:29, output 00:00:03, output hang never
```

```
Last clearing of "show interface" counters never
```

```
Queueing strategy: fifo
```

```
Output queue 0/0, 5 drops; input queue 0/75, 0 drops
```

```
5 minute input rate 0 bits/sec, 0 packets/sec
```

```
5 minute output rate 0 bits/sec, 0 packets/sec
```

```
1824957 packets input, 292212805 bytes, 0 no buffer
```

```
Received 0 broadcasts, 0 runts, 0 giants, 0 throttles
```

```
0 input errors, 0 CRC, 0 frame, 0 overrun, 0 ignored, 0 abort
```

```
4009304 packets output, 1685693027 bytes, 0 underruns
```

```
0 output errors, 0 collisions, 0 interface resets
```

```
0 output buffer failures, 0 output buffers swapped out
```

←  
Específico de  
interfaces Túnel



# Tecnologías avanzadas

## Acceso residencial

- Acceso básico
- xDSL
- **Cable modems**



# Redes CATV coaxiales (1949 - aprox. 1988)

- Las redes CATV (Community Antenna TeleVision) nacieron para resolver problemas de recepción en zonas de mala cobertura.
- La antena se ubicaba en sitio elevado con buena recepción. La señal se enviaba a los usuarios hacia abajo (downstream).
- Cable coaxial de  $75 \Omega$  (normal de antena TV)
- Amplificadores cada 0,5-1,0 Km. Hasta 50 en cascada. Frecuencias 300-400MHz
- Red unidireccional. Señal solo descendente. Amplificadores impedían transmisión ascendente.



# Arquitectura de una red CATV coaxial

TECNOLOGÍAS - Cable

Hasta 50 amplificadores en cascada

## CABECERA

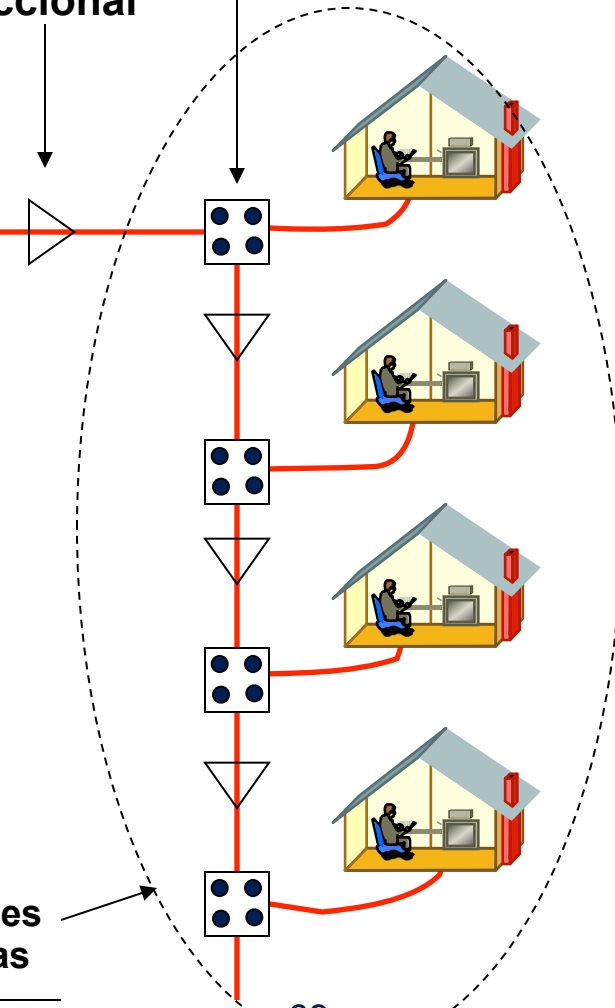
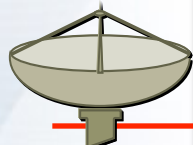
Receptores y Decodificadores

Moduladores y Convertidores (FDM)

Contenidos locales

Amplificador unidireccional

Empalme



— Cable Coaxial (75 Ω)

Muchos miles de viviendas



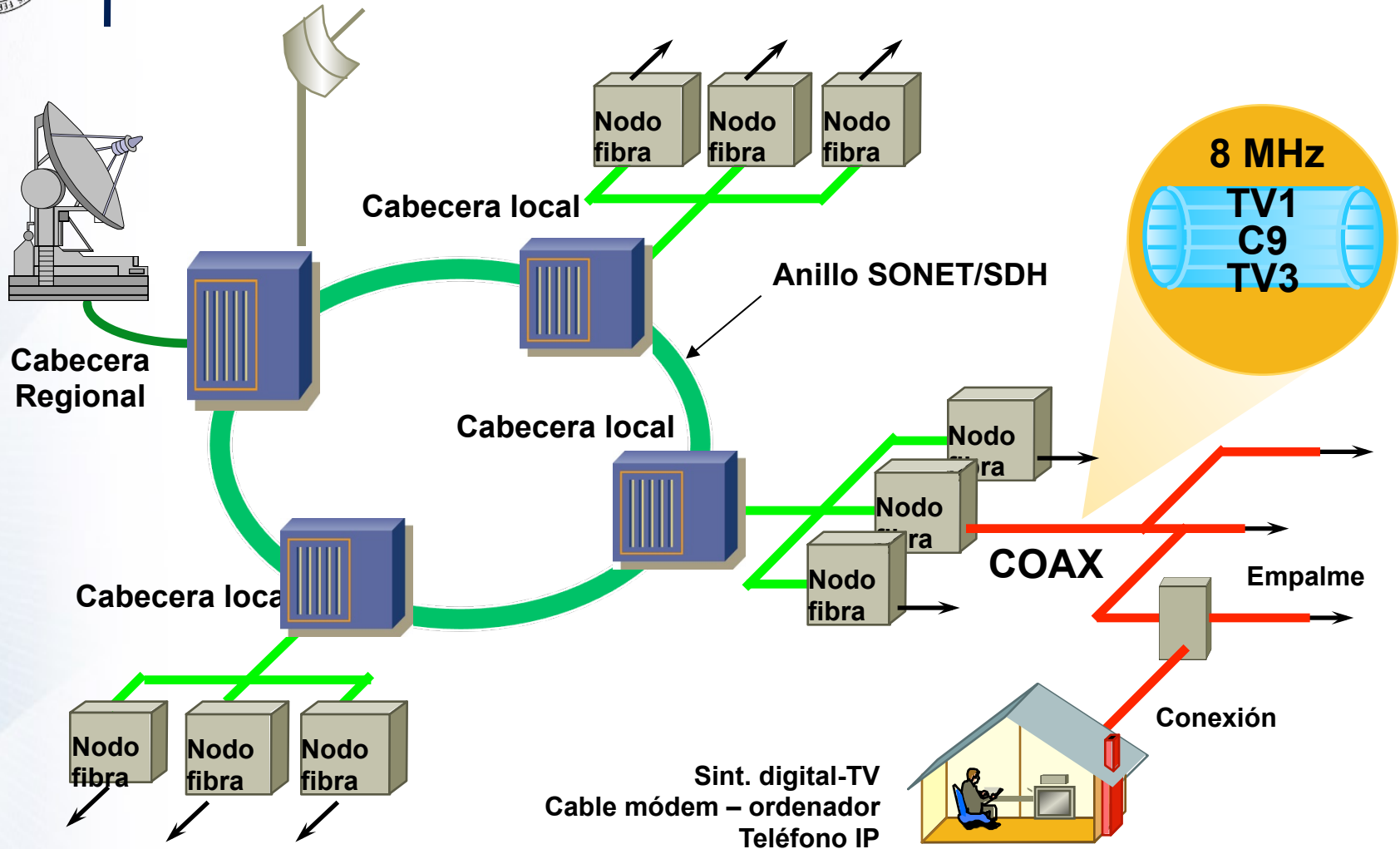
# Redes CATV HFC

(aprox. 1988 - actualidad)

- Principios de diseño de las redes HFC (Hybrid Fiber Coax):
  - Se divide la ciudad en zonas de 500-2000 viviendas
  - Se envía la señal a cada zona por fibra, se distribuye en coaxial solo dentro de la zona
  - Se limita a un máximo de 5 (o menos) el número de amplificadores en cascada.
- Ventajas:
  - La reducción drástica en el número de amplificadores simplifica y abarata el mantenimiento y mejora la calidad de la señal
  - La red puede ser bidireccional, se instalan amplificadores para tráfico ascendente (monitorización, pago por visión, interactividad y datos)
  - Cada zona puede tener canales independientes
- La mayoría de las redes CATV actuales son HFC

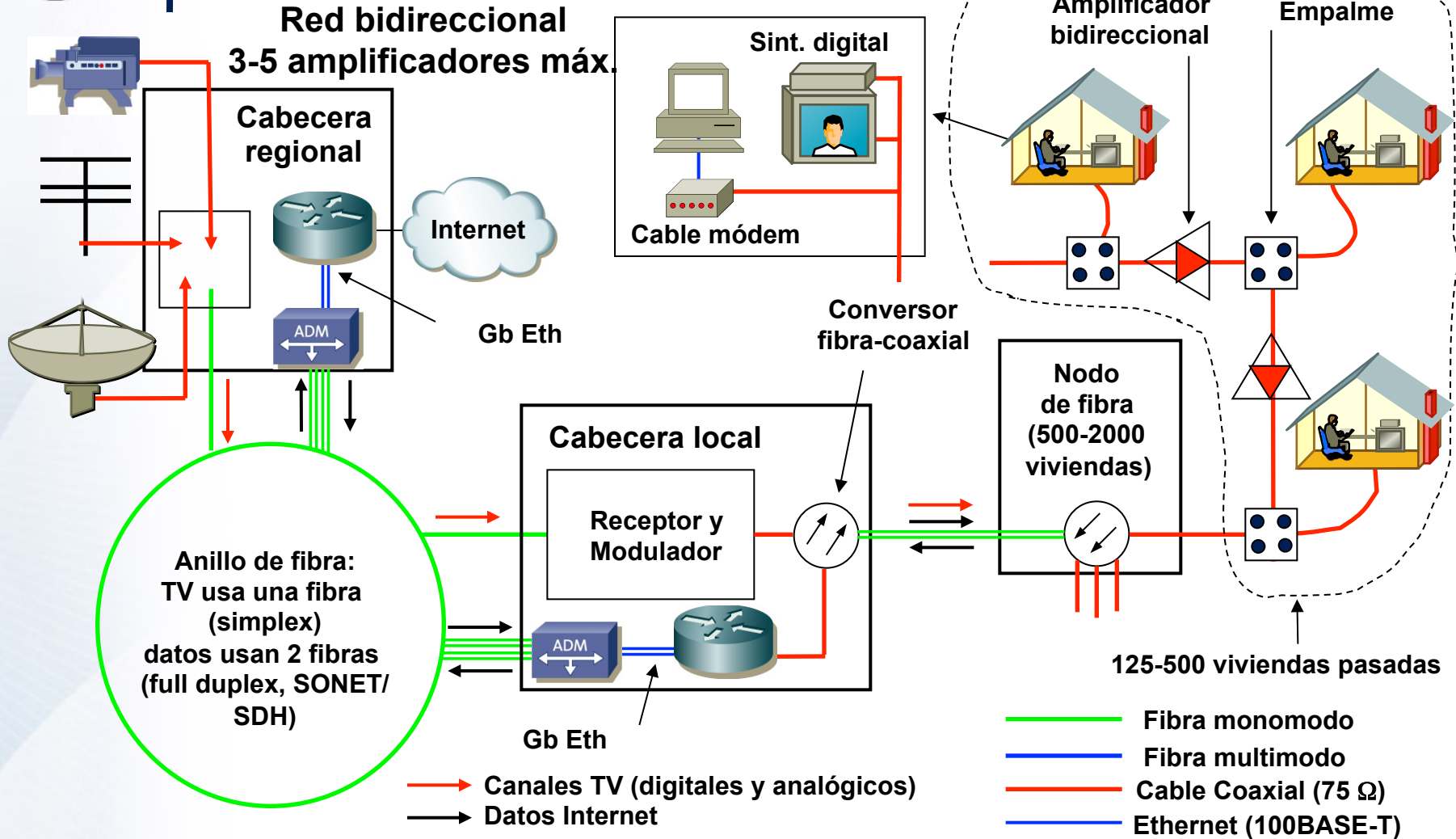


# Arquitectura de red CATV HFC





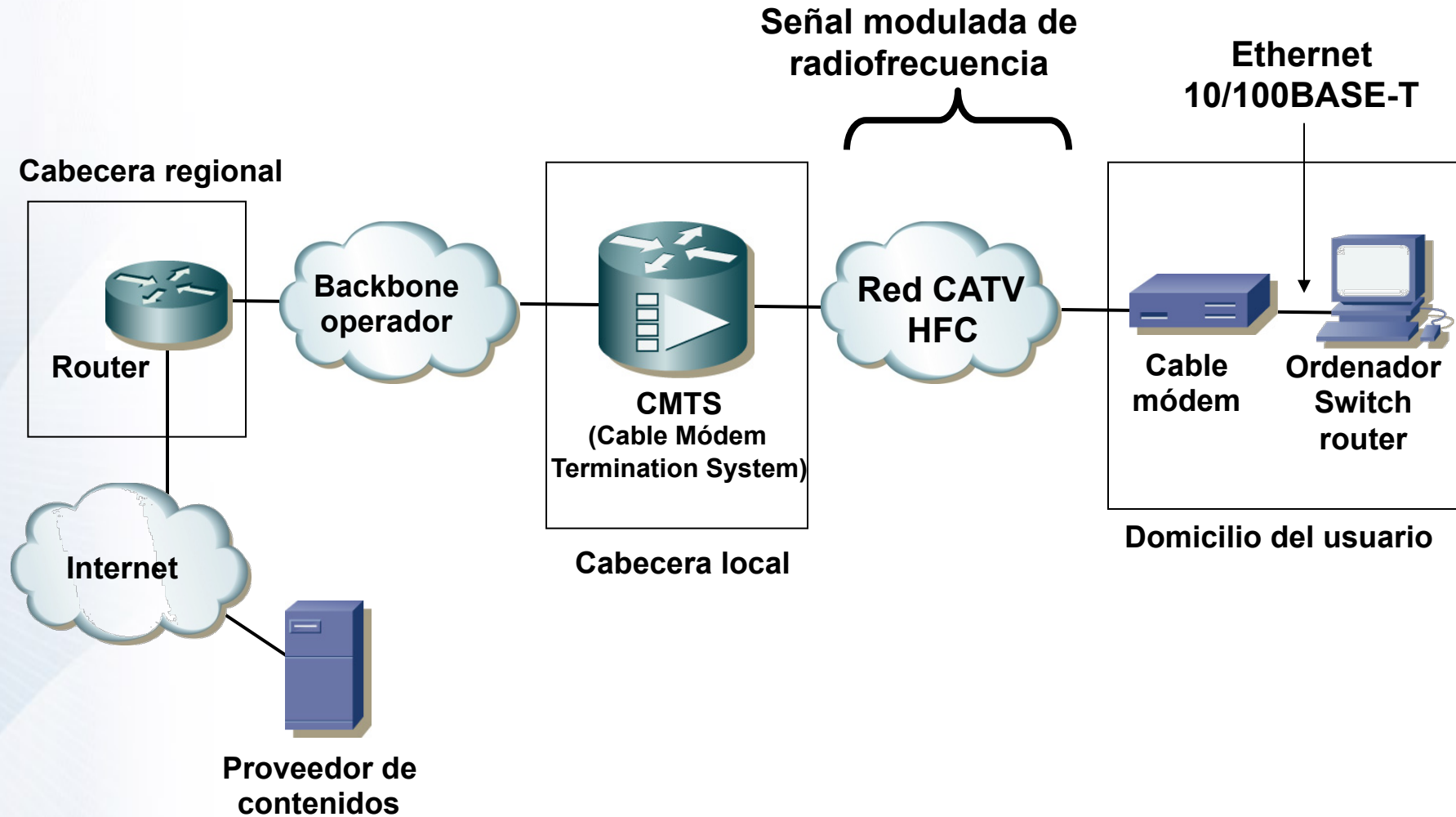
# Arquitectura de una red CATV HFC







# Comunicación en una red CATV HFC



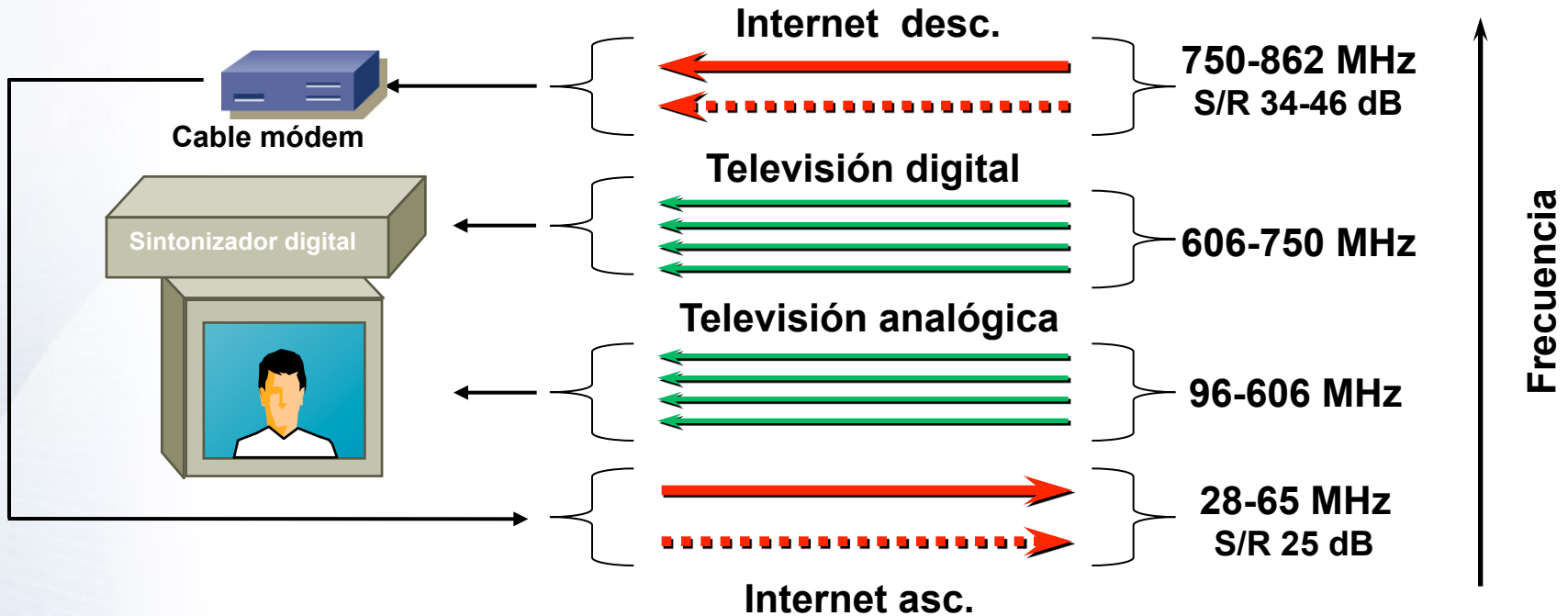


# Transmisión de datos en CATV

- **Sentido descendente:** datos modulados en portadora analógica de un canal de televisión de 6 MHz (NTSC) u 8 MHz (PAL) normalmente en la zona de altas frecuencias
- **Sentido ascendente:** se utilizan las bajas frecuencias, no empleadas normalmente en CATV. Los canales pueden tener anchuras de 0,2 a 6,4 MHz
- El sentido ascendente es más problemático.  
Razones:
  - Banda de RF más 'sucia' (interferencias, emisiones de onda corta, radioaficionados, etc.)
  - Ruido e interferencia introducido por todos los usuarios de la zona (efecto 'embudo'). Esto obliga a limitar el número máximo de usuarios y amplificadores en cascada en cada zona



# Reparto de frecuencias en redes HFC



Varios sintonizadores permiten acceder simultáneamente a los canales de TV y de datos.

**Servicios clásicos (TV)**  
**Servicios de datos (Internet)**

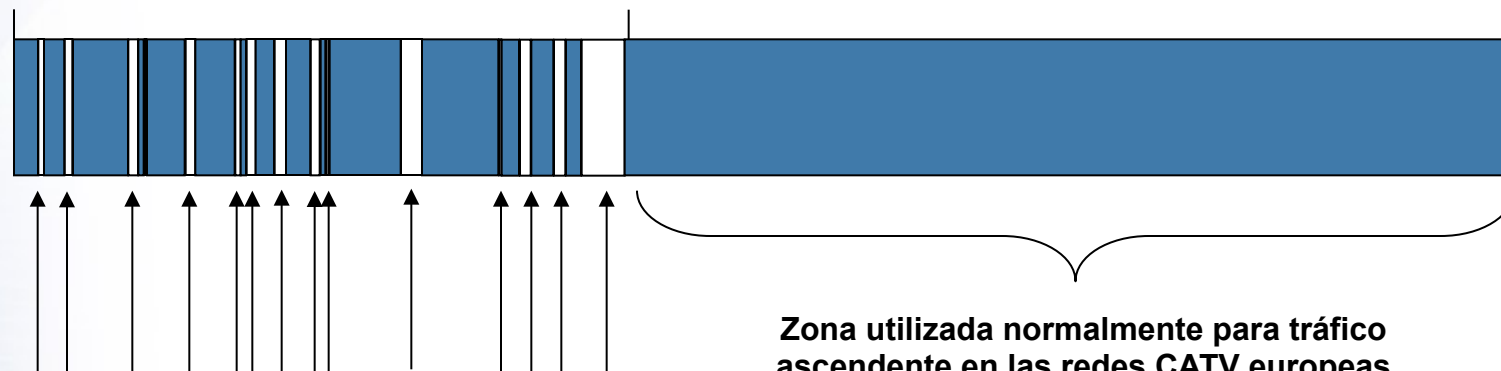


# Bandas ascendentes utilizables en redes CATV en Europa

5000 KHz

30000 KHz

65000 KHz



Bandas no utilizables por coincidir con frecuencias de emisoras comerciales, radioaficionados, etc.

Zona utilizada normalmente para tráfico ascendente en las redes CATV europeas



# Modulaciones utilizadas para la transmisión de datos en redes CATV

- QPSK: Quadrature Phase-Shift Keying
- QAM: Quadrature Amplitude Modulation

Modulación	Sentido	Bits/símb.	S/R mínima	Bits/símb. Shannon
QPSK	Asc.	2	> 21 dB	7
16 QAM	Asc.	4	> 24 dB	8
32 QAM	Asc.	5		
64 QAM	Asc./Desc.	6	> 25 dB	8,3
128 QAM	Asc.	7		
256 QAM	Desc.	8	> 33 dB	10,9



# Caudales brutos en redes CATV

Debido al overhead introducido por el FEC-RS y a otros factores los caudales netos son aproximadamente un 10-15% menores que los brutos

**Asc.**



Anchura (KHz)	Ksímb/s	Caudales (Kb/s)				
		QPSK	16 QAM	32 QAM	64 QAM	128 QAM
200	160	320	640	800	960	1120
400	320	640	1280	1600	1920	2240
800	640	1280	2560	3200	3840	4480
1600	1280	2560	5120	6400	7680	8960
3200	2560	5120	10240	12800	15360	17920
6400	5120	10240	20480	25600	30720	35840

**Desc.**



Anchura (MHz)	Ksímb/s	Caudales (Kb/s)	
		64-QAM	256-QAM
6 (NTSC)	5057	30342	
6 (NTSC)	5361		42888
8 (PAL)	6952	41712	55616



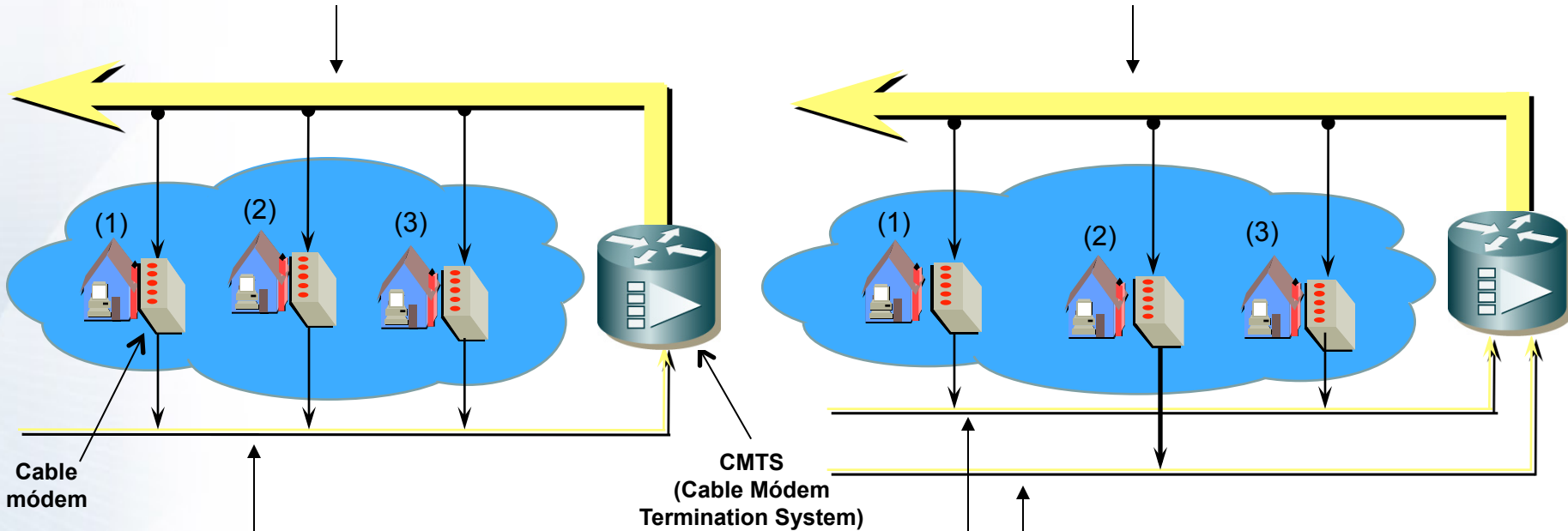
# Capacidad de una red CATV

- Suponiendo que se utilizara exclusivamente para transmitir datos, la capacidad máxima de una red CATV sería:
  - Descendente: 96 canales de 55,6 Mb/s: 5,338 Gb/s
  - Ascendente: 261 canales de 1120 Kb/s: 292,32 Mb/s
- Esta capacidad estaría disponible para cada zona de la red HFC.



# Esquema de una zona en una red CATV

**Canal Descendente (854- 862 MHz) 41,7 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 1 y 3  
2,56 Mb/s dedicados al usuario 2**





# Estándares CATV

- Inicialmente varios estándares diferentes. Actualmente solo se utiliza uno, DOCSIS (Data-Over-Cable Service Interface Specification) desarrollado por un consorcio de operadores de cable que también ha sido adoptado por la ITU-T .
- DOCSIS originalmente es un desarrollo 100% USA. El caso europeo (Euro-DOCSIS) se ha contemplado a posteriori (solo cambia nivel físico, canales de 8 en vez de 6 MHz)

Estándar DOCSIS	Fecha aprobación
1.0	3/1997
1.1	4/1999
2.0	12/2001
3.0	8/2006



# Mejoras introducidas por los estándares DOCSIS

Versión	Fecha aprobac.	Mejoras
1.0	03/1997	•Estándar inicial
1.1	04/1999	•Introduce fragmentación de tramas grandes para mejorar calidad de servicio y permitir telefonía IP •Mejoras en los protocolos de seguridad
2.0	12/2001	•Aumenta capacidad ascendente hasta 30 Mb/s •Mejora corrección de errores (FEC e Interleaving)
3.0	08/2006	•Permite hacer 'channel bonding' llegando a un caudal descendente de hasta 1 Gb/s •Incorpora mejoras en protocolos de seguridad y algoritmos de encriptación •Incluye soporte para IPv6



# Protocolo MAC de CATV

- La red CATV es un medio broadcast: cada cable módem recibe todo el tráfico descendente, vaya o no dirigido a él
- A cada cable módem (y a cada CMTS) se le asigna en la interfaz de radiofrecuencia una dirección MAC IEEE 802 globalmente única de 48 bits que le identifica
- Está prevista la posibilidad de encriptar el tráfico. Inicialmente se utilizaba DES 56 y la encriptación era opcional. Esto se ha mejorado en las nuevas versiones del estándar (AES 128)
- Es posible realizar emisiones multicast



# Funcionamiento de CATV

- Medio broadcast, canales ascendente y descendente compartidos por cada zona, como en una LAN, pero:
  - Canal descendente: solo el CMTS puede transmitir, todos los cable módems reciben
  - Canal ascendente: los cable módems pueden transmitir, pero no se escuchan solo el CMTS recibe
- Dos cable módems no pueden hablarse directamente ni oírse (aunque estén en la misma zona); solo pueden comunicarse a través del CMTS del que dependen



# Protocolo MAC de CATV

- En descendente el CMTS es el único que emite, por tanto no hay conflicto.
- En ascendente los cable módem comparten el canal. Cuando un cable módem quiere transmitir pide permiso al CMTS que le da 'crédito' para que emita una cantidad de bits, de acuerdo con la disponibilidad y el perfil que tiene asignado el cable módem. El crédito se asigna en 'mini-slots'
- Se puede producir una colisión cuando los cable módems mandan mensajes de petición, pero no cuando están usando sus mini-slots

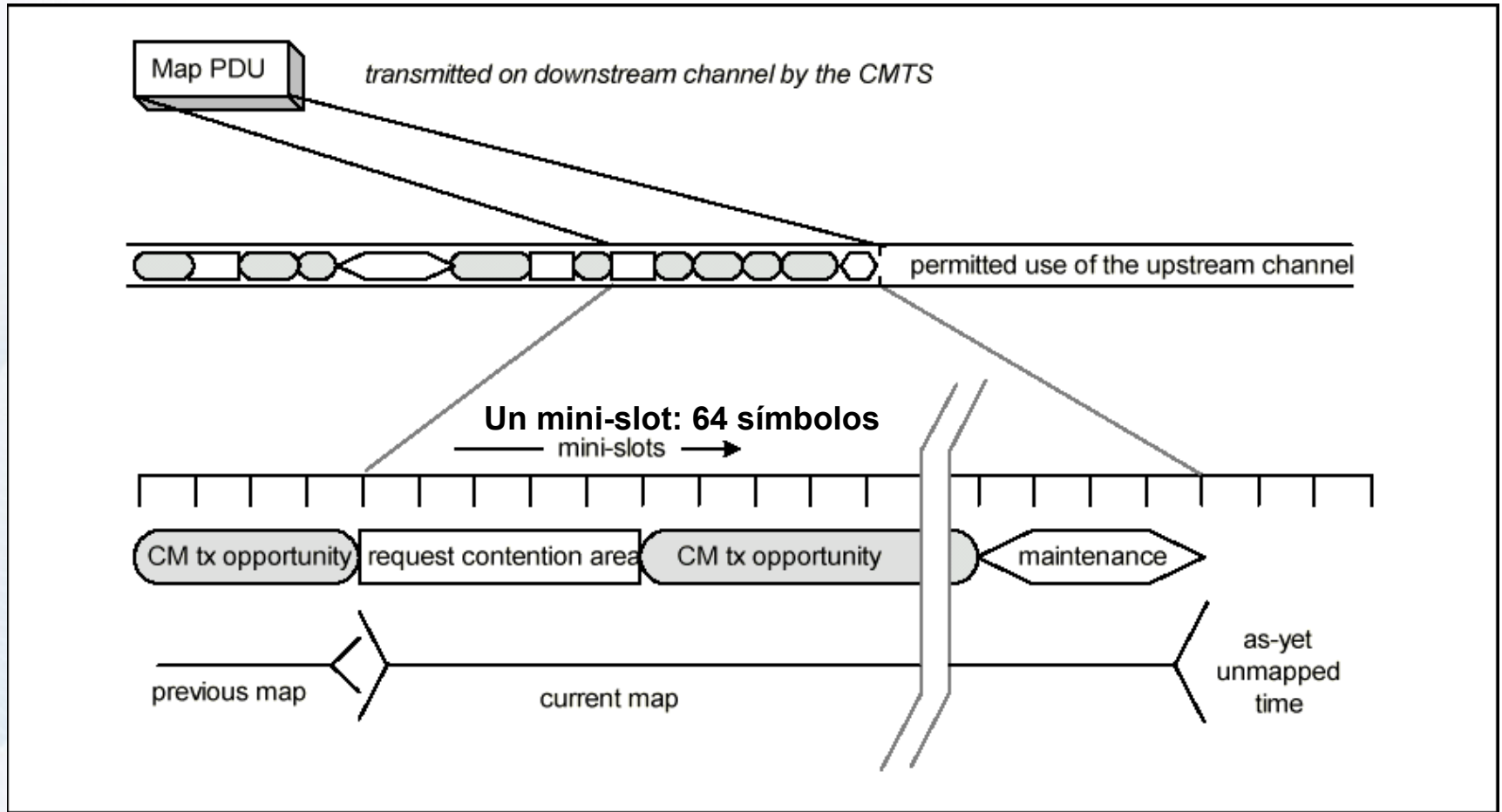


# Tipos de mini-slots

- El protocolo MAC de las redes CATV define tres tipos de mini-slots:
  - **Asignados:** son los que ya están reservados a algún cable modem. En estos no puede haber colisiones
  - **Libres:** son los que no están asignados. Los utilizan los cable modems para pedir asignaciones. Puede haber colisiones
  - **De mantenimiento:** son los que están reservados para mantenimiento de la red, por ejemplo para registrar a un cable modem que se acaba de incorporar a la red. Puede haber colisiones
- El CMTS transmite continuamente por el canal descendente el 'mapa' de asignación de mini-slots (para lo cual ha de gastar una parte del caudal disponible). De este modo todos los cable modems reciben la información



# Mapa de asignación de mini-slots





# Protocolos implicados en la comunicación CM-CMTS

(CM conectado al ordenador por Ethernet)

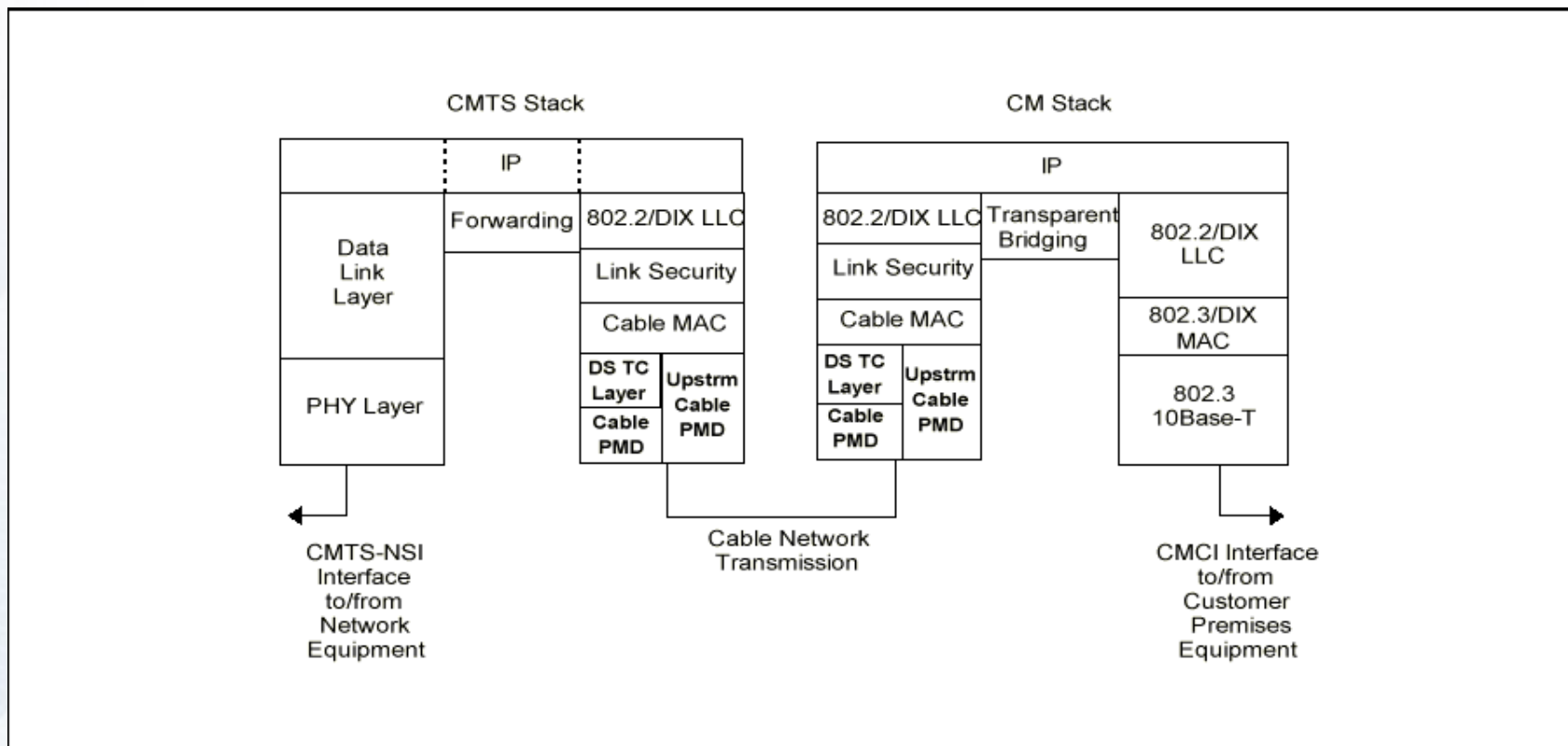
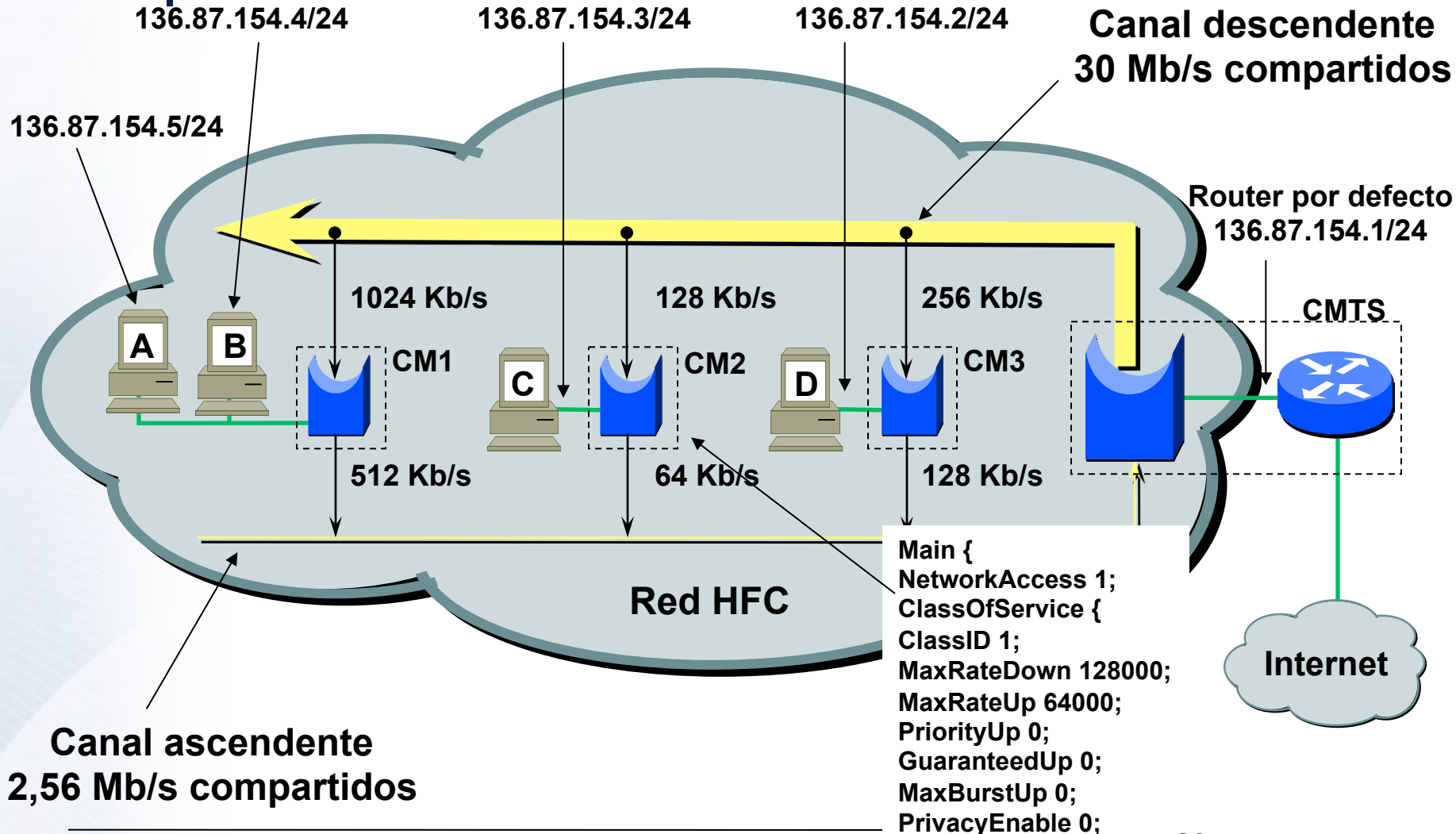


Figure 3-2. Data Forwarding Through the CM and CMTS



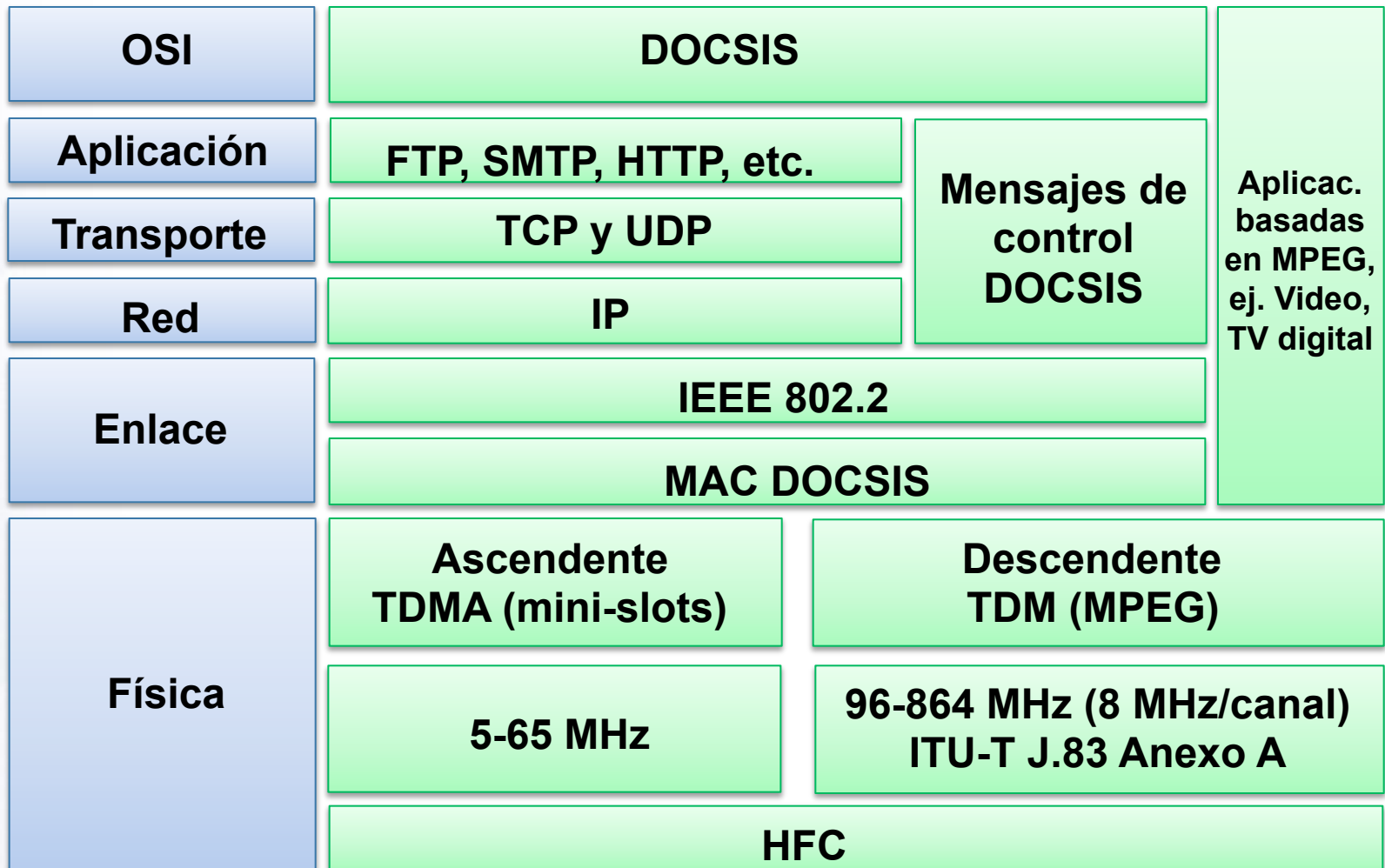


# Esquema funcional de una red CATV





# Correspondencia del modelo DOCSIS con el modelo OSI



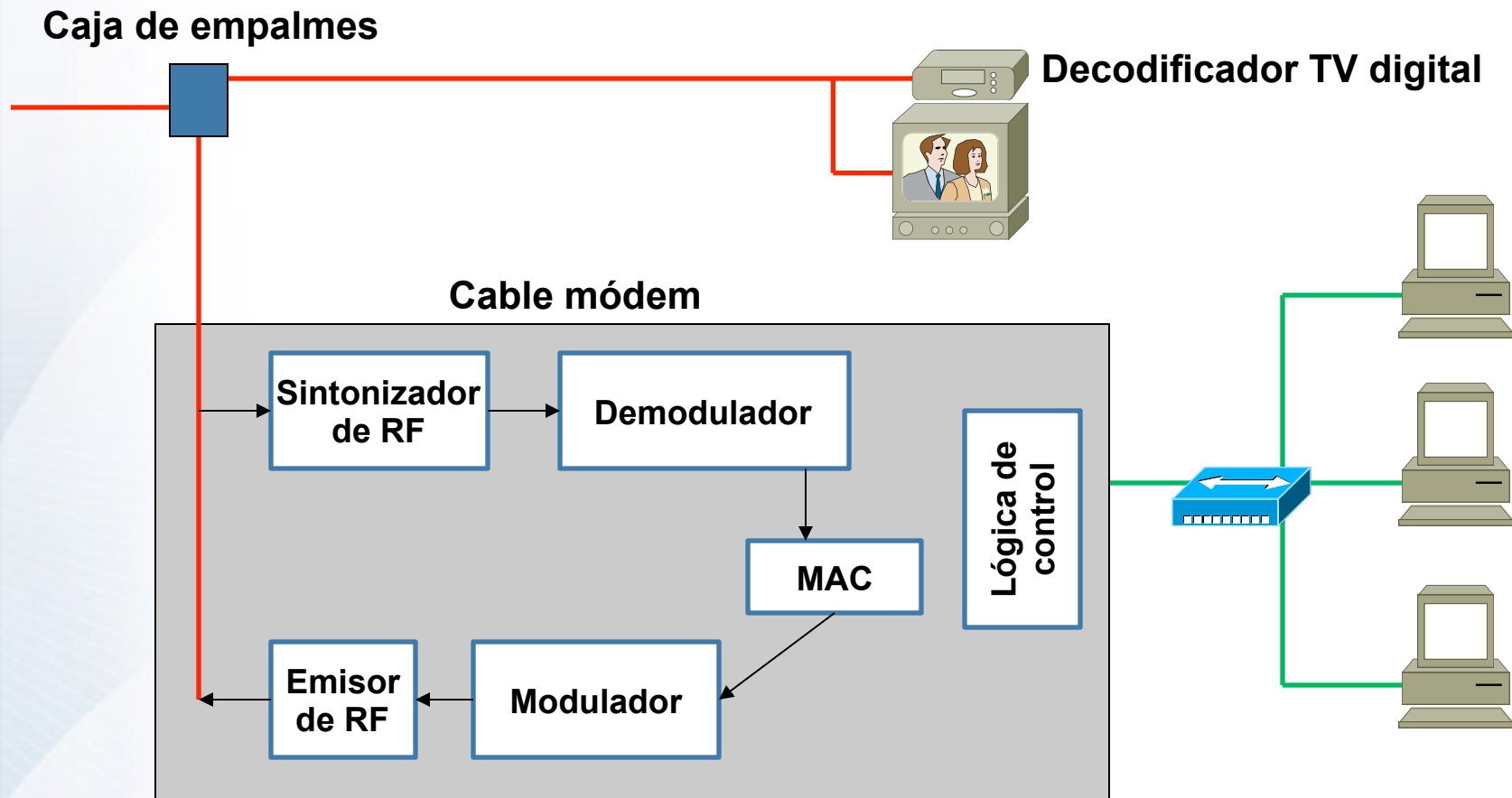


# Cable módem

- El CM se conecta a la LAN mediante Ethernet 10/100BASE-T. Así se consigue una interfaz de alta velocidad a bajo costo y una clara separación usuario-red.
- El CM puede actuar a nivel 2 (puente transparente) o a nivel 3 (router IP). Cuando actúa como puente se suele poner detrás un router Eth(WAN)-Eth(LAN) para las funciones de NAT, cortafuegos, etc. También posiblemente para acceso WiFi
- Generalmente el operador asigna la dirección IP al usuario por DHCP, y a menudo le obliga a registrar la dirección MAC en el servidor DHCP, y limita el número de MACs que pueden acceder a la red (si ponemos detrás un router Eth-Eth el CM solo verá la MAC del router)



# Esquema funcional de un cable módem





# Funciones del cable módem

- Captar/generar señal de Radiofrecuencia
- Modular/demodular los datos
- Generar/verificar la información de control de errores (FEC)
- Encriptar/desencriptar la información (opcional)
- Respetar protocolo MAC en Upstream
- Gestionar y controlar el tráfico (limitación de caudal, número de ordenadores conectados, etc.)



# Cable módem vs decodificador de TV digital

Función	Cable módem	Decodif. TV digital
Microprocesador, 4 MB RAM, memoria Flash	60 €	60 €
Elementos de transmisión (sintonizador, ecualizador, modulador, FEC)	40 €	40 €
Chips MPEG, gráficos y proc. de sonido	No aplicable	30 €
Chip MAC	12 €	No aplicable
Ethernet	6 €	No aplicable
Chasis, fuente de alimentación, montaje final, PCB y prueba	30 €	30 €
Interfaces analógicas e infrarrojas	No aplicable	6 €
Licencias de software (Sistema Operativo, encriptación, comunicaciones)	12 €	6 €
<b>TOTAL</b>	<b>160 €</b>	<b>172 €</b>



# Servicios IP en redes CATV

- Por sencillez, comodidad y seguridad se utiliza DHCP para asignación de direcciones IP
- El CM actúa como un puente MAC transparente (IEEE 802.1D) entre dos LANs (la CATV y la Ethernet del usuario). También puede funcionar como un router, o tener un router detrás
- Se puede restringir el número de direcciones MAC que pueden acceder a través del CM



# Direcciones IP en redes CATV

- A los ordenadores se les pueden asignar:
  - Direcciones privadas RFC 1918 (10..., 172.16-31..). Requiere el uso de NAT (Network Address Translation) en el router o un servidor proxy
  - Direcciones públicas estáticas (servicio de IP fija). Útil para servidores
  - Direcciones públicas dinámicas
- Lo mas aconsejable es utilizar direcciones públicas dinámicas (DHCP)
- Los cable módems también necesitan una dirección IP para que se les pueda gestionar remotamente por SNMP. Esta puede (y debe) ser una dirección privada





# Administración y mantenimiento de una CATV

