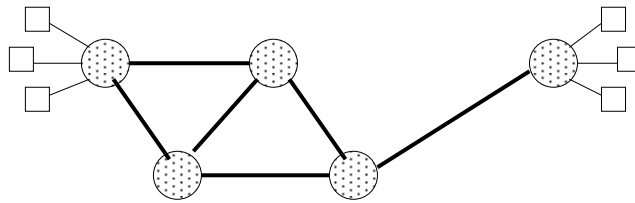


## Tema 2

### La Capa Física (3)

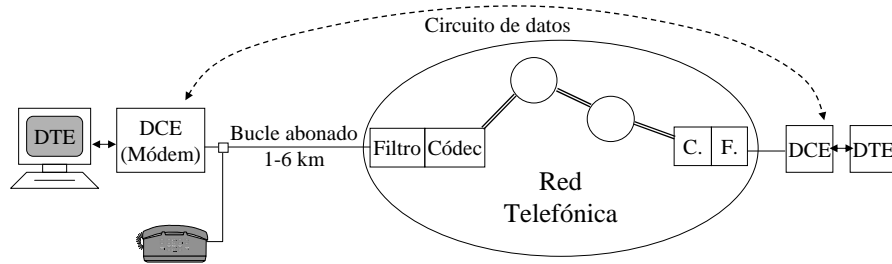


### 2.3 La red telefónica clásica.

- Estructura
- Interfaz DTE-DCE
- Acceso local analógico clásico: Modems
- Transmisión digital. PDH, SDH/SONET
- Conmutadores

## Estructura

- RTB ó RTC (Red telefónica Básica o Conmutada): Red de conmutación de circuitos.
- Subred digital, acceso analógico.
- DTE: Equipo Terminal de Datos (Computador). Es el extremo de la comunicación
- DCE: Equipo terminal del Circuito de Datos (Módem). Utilizado por el DTE para controlar la comunicación y transmitir a través del bucle de abonado.



enero de 2005

Redes – Tema 2c (La capa física)

3

## Interfaz DTE-DCE

- Interfaz serie digital
  - Interno: Bus de sistema, p.e., PCI
  - Externo: Puerto serie, USB, Ethernet...
- Ejemplo clásico: Puerto serie RS-232
  - Estándar ANSI / EIA
  - Nivel mecánico: Conector DIN 25/9 pines
  - Nivel eléctrico: señales balanceadas, asimétricas
  - Nivel funcional o de protocolo: Una línea por función
    - Líneas de transmisión/recepción
    - Líneas de control de la comunicación

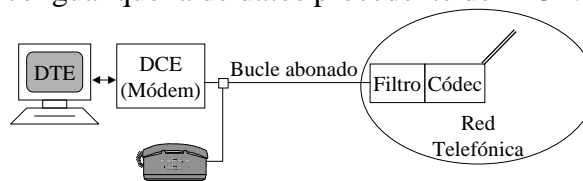
enero de 2005

Redes – Tema 2c (La capa física)

4

## Transmisión por el bucle de abonado

- Bucle de abonado: par de hilos de cobre, longitud variable (1 a 6 km), ancho de banda de varios Mhz.
- Uso de filtros para linealizar la respuesta en la banda vocal (bobinas de carga), que filtran las frecuencias por encima de 3.6 kHz: Los modems tradicionales deben limitarse usar el ancho de banda vocal.
- Los códecs digitalizan la señal analógica a un flujo PCM de 64 Kbps que viaja por la red.
- Los códecs tratan la señal de voz procedente del teléfono analógico igual que la de datos procedente del DCE.



enero de 2005

Redes – Tema 2c (La capa física)

5

## Módems tradicionales (de banda vocal)

- Desde V.21 hasta V.34
  - FDX desde FDM hasta cancelación de eco.
  - Modulación de portadora (en banda vocal) desde FSK (2 estados), hasta QAM (desde 4 hasta 1024 estados) y TCM.
  - Velocidades desde 600 bps hasta 33,6 Kbps.
- Los **códecs** introducen un importante ruido de cuantización, especialmente las conversiones A/D:
  - Limitan la máxima velocidad teórica a 35 Kbps
- El estándar **V.34+** alcanza ya casi el límite teórico:
  - Transmisión a 33.6 Kbps
  - Modulación QAM a 3429 baudios
  - Codificación de 9-10 bits/baudio

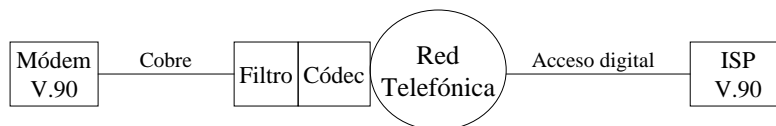
enero de 2005

Redes – Tema 2c (La capa física)

6

## Módems V.90 /V.92

- El estándar **V.90** parte de un supuesto diferente:
  - La comunicación es entre el usuario y un ISP (proveedor de acceso) con conexión digital a la red (p.e., T1/E1 o RDSI)
- En el sentido “descendente” (hacia el usuario) sólo se realiza una conversión D/A, puesto que en el otro extremo la comunicación es totalmente digital.
- En sentido “ascendente” (hacia el ISP) sigue existiendo el conversor A/D: se utiliza V.34+



enero de 2005

Redes – Tema 2c (La capa física)

7

## Codificación Módems V.90

- Utiliza transmisión digital con codificación PAM (Modulación en amplitud de pulso)
- Se utilizan directamente los 256 niveles discretos de amplitud correspondientes a los códigos PCM
- Problemas por falta de linealidad en los conversores D/A:
  - Los niveles más bajos están más próximos y se confunden
  - Se seleccionan sólo los 127 niveles más adecuados
- Rendimiento max. del 80%: por cada código PCM transmitido (8 símbolos) se transmiten como máximo 7 bits de datos: Velocidad máxima:  $8000 \times 7 = 56$  Kbps

enero de 2005

Redes – Tema 2c (La capa física)

8

## Transmisión por la red

- Multiplexado de canales de voz digitalizada (PCM) en portadoras digitales (TDM).
- Retransmisión cada  $125 \mu\text{s}$ . ( $1/8000 \text{ s.}$ )
- Jerarquía digital plesiocrona (PDH):
  - USA: T1 (24 canales, 1,5 Mbps), T2, T3...
  - Europa: E1 (32 canales, 2 Mbps), E2, E3...
- Jerarquía digital síncrona (SDH)/SONET:
  - USA: OC-1 (51,84 Mbps), OC-3, etc...
  - Europa: STM-1 (=OC-3, 155,52 Mbps), STM-4 (622 Mbps), etc...

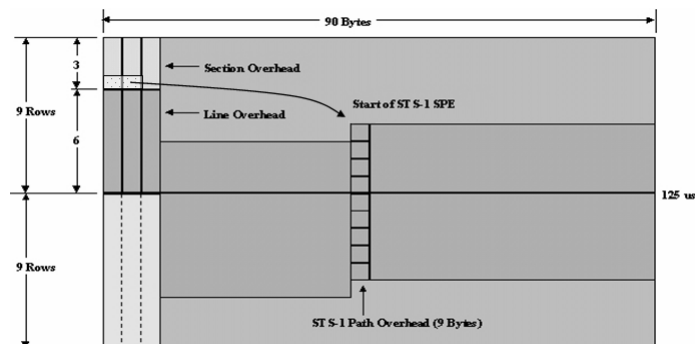
enero de 2005

Redes – Tema 2c (La capa física)

9

## Portadora OC-1 de SONET

- 810 bytes, transmitidos por filas (9 filas de 90 bytes c.u.), cada  $125 \mu\text{s}$ .
- 3 + 1 columnas de cabecera.
- Velocidad de 51,84 Mbps ( $810 \cdot 8 \cdot 8000$ ), 50,112 Mbps de carga útil.



enero de 2005

Redes – Tema 2c (La capa física)

10

# Conmutadores

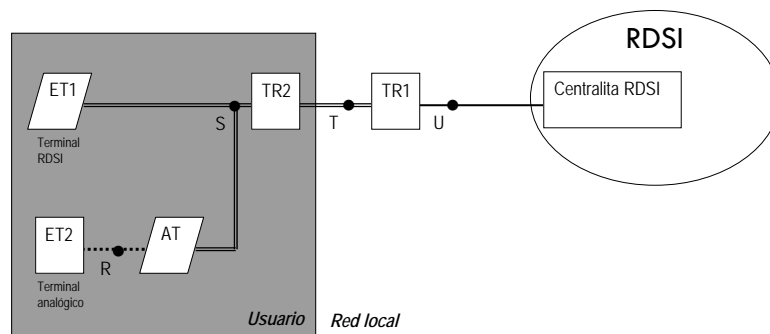
- División de espacio
- División de tiempo

## 2.4 Redes de conmutación de paquetes : X.25

## 2.5 RDSI de banda estrecha.

- Red digital: Conexiones digitales extremo a extremo.
- Conmutación de circuitos (y acceso a conmutación de paquetes X.25)
- Servicios de voz y datos.
- Acceso a través de interfaces normalizados.
- Red local hasta 8 terminales.

## Acceso red RDSI



### Interfaces:

- R. Interfaz para terminal de abonado.  
 S/T. Interfaz usuario - red (rosetas).  
 U. Bucle de abonado a 2 hilos.

### Equipos:

- ET1/TE1 Equipo terminal con salida propia RDSI.  
 ET2/TE2 Terminal convencional.  
 AT/TA Adaptador de interfaz  
 TR2/NT2 Centralita de conmutación interna de usuario.  
 TR1/NT1 Centralita de operadora de red.

## Canales y tipos de servicio

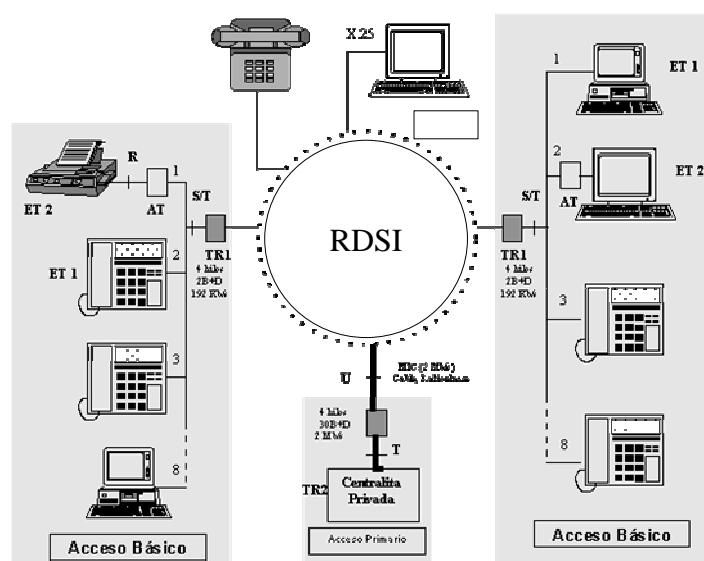
- Canales: La información digital puede transmitirse a través de 3 tipos de canales:
  - **Canales B, 64 Kbps.** Transmiten información de voz y datos.
  - **Canales D, 16/64 Kbps.** Transmiten información de control y señalización.
  - **Canales H, N\*64 Kbps.** Combinación de canales B para vídeo y audio de alta calidad.
    - H0 (384 Kbps), H11 (1,5 Mbps), H12 (2 Mbps)
- Los usuarios pueden contratar dos tipos de servicio:
  - **Acceso básico, BRI: 2B (64K) + 1D (16K).**
  - **Acceso primario, PRI: 30B (64K) + 1D (64K), 2 Mbps**

enero de 2005

Redes – Tema 2c (La capa física)

15

## Ejemplo accesos RDSI



enero de 2005

Redes – Tema 2c (La capa física)

16



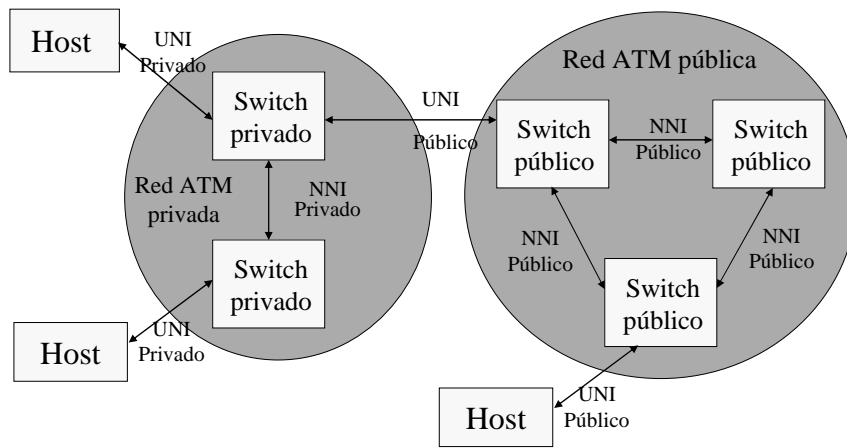
## Interfaces BRI

- Interfaz S:
  - 192 Kbps.
  - Bus 4 hilos.
  - Conexión de hasta 8 equipos.
- Interfaz U:
  - 160 Kbps.
  - Bucle de abonado, 2 hilos.
  - 80-120 KHz.
  - Módem DSL (Línea de abonado digital).
  - Codificación 2B1Q (2 bits/baudio), a 80 Kbaud.
  - FDX por cancelación de eco.

## 2.6 RDSI de banda ancha-ATM.

- Red ATM: Red de datos + voz
- Combinación de:
  - La tecnología de comunicación de internet: conmutación de paquetes
  - La tecnología de las compañías de telecomunicaciones: conmutación de circuitos
- Resultado: conmutación de celdas (paquetes de tamaño fijo y muy pequeño)
- Soporte tecnológico de la RDSI-BA (Banda ancha)

## Interfaces ATM



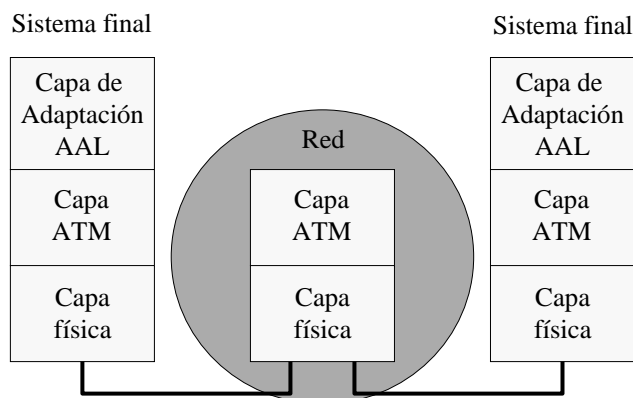
- Dirección doble:
  - Pública: uso en red ATM pública
  - Privada: uso en red privada
- Interfaz Usuario-Red (UNI)
- Interfaz Red-Nodo (NNI)

enero de 2005

Redes – Tema 2c (La capa física)

19

## Capas de protocolos



enero de 2005

Redes – Tema 2c (La capa física)

20

## Capas de protocolos (2)

- La capa de Adaptación ATM:
  - Descomposición de mensajes de las capas superiores en celdas y reensamblado
- La capa ATM:
  - Transmisión/Conmutación/Recepción
  - Control de congestiones/Gestión de buffers
  - Generación/eliminación de las cabeceras de las celdas en fuente/destino
  - Traducción de las direcciones de las celdas
  - Entrega en secuencia

## Medios físicos

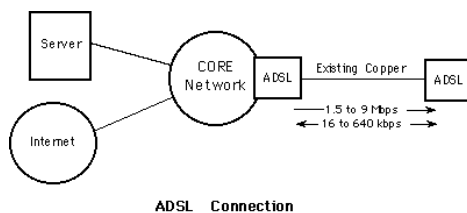
- Multitud de medios y velocidades.
- Uso habitual de la jerarquía de portadoras digitales PDH y SDH (SONET en USA):
  - En vez de llevar canales de voz PCM síncronos, las tramas Ti, Ei, OC ó STM llevan como carga celdas ATM.
  - T1, T3, E1, E3.
  - OC-3c (STS-3c)/STM-1: 155 Mbps (carga ATM: 135 Mbps)
  - OC-12c (STS-12c)/STM-4: 622 Mbps (544 Mbps)
  - OC-48c/STM-16: 2,4 Gbps (2,2 Gbps)
  - OC-192c/STM-64: 9,9 Gbps (8,7 Gbps)
  - OC-768c, STM-256: 40 Gbps (35 Gbps)

## 2.7 Nuevas tecnologías de acceso.

- ADSL.
- Cable modems
- PCL

## ADSL

- ADSL (Línea de abonado digital asimétrica):
  - Velocidades asimétricas para los dos sentidos FDX:
    - “descendente” (hacia el usuario, mayor velocidad) y
    - “ascendente” (hacia el ISP, menor velocidad)
  - Esta asimetría resulta muy adecuada para aplicaciones típicas, aunque es consecuencia del propio cableado
  - Compatible con telefonía analógica



## Capacidad de ADSL

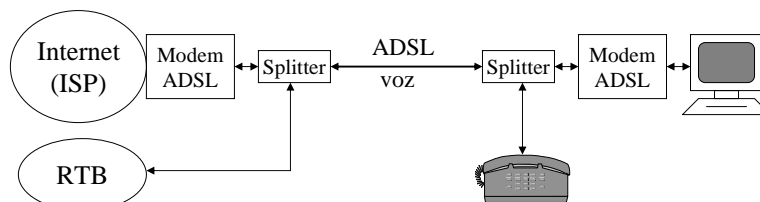
- **Tasa de datos ascendente:** 16 kbps a 1.5 Mbps
- **Tasa de datos descendente:** 1.5 a 9 Mbps
- **La capacidad máxima real depende de:**
  - La distancia del bucle de abonado
  - La calidad del bucle depende del:
    - Número de empalmes
    - Grosor del cable

Caudal (Mbps)	Grosor (mm)	Dist. (km)
1.5/2	0.5	5.5
1.5/2	0.4	4.6
6.1	0,5	3,7
6.1	0,4	2.7

- Un 10% de abonados pueden no tener acceso al servicio

## Sistema ADSL

- **Usa la banda entre 30 kHz y 1104 kHz:** compatible con teléfono analógico (POTS en inglés)
- Uso de “**splitter**” (separador) en ambos extremos para separar las bandas de voz analógica y ADSL
- **Conexión modem-DTE:** Interno (Bus PCI), Ethernet, ATM, USB, WiFi.



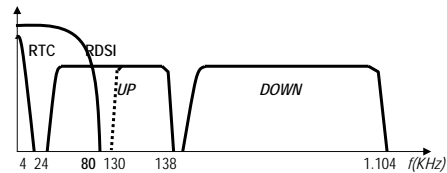
## Canales ADSL

- Multiplexación de canales FDM:

- Compatibilidad con RTC, y opcional con RDSI.
- Canales ascendente y descendente asimétricos

- Gestión de los canales

- Muy difícil:
  - El cable es muy poco lineal
  - Mucha diferencia de unos cables a otros.
- Dos técnicas alternativas:
  - **CAP** (Carrierless amplitude and phase)
    - Primera tecnología disponible (no estándar)
    - Menos potente que DMT
    - Poco usada hoy
  - **DMT** (Discrete multitone)
    - Uso más eficiente del ancho de banda
    - La más utilizada



enero de 2005

Redes – Tema 2c (La capa física)

27

## DMT

- Estándar ITU-T y ANSI (soporte Intel/Microsoft)
- Separa el rango de frecuencias utilizando FFT, en 256 canales o “**bins**” de 4KHz de ancho de banda, con separación de guarda de 0,3125 kHz.
- Uso de los canales o bins:
  - Bins 0 a 5 (0 a 26 kHz), reservados para telefonía analógica
  - Bins 6 a 31 (26 a 138 kHz), para transmisión ascendente
  - Bins 39 a 255 (168 a 1104 kHz), para transmisión descendente
  - Bins 32 a 38 (138 a 168 kHz) uso en cualquiera de los dos sentidos
  - Bins 16 y 64 reservados
- El comportamiento del cable en cada bin es aproximadamente lineal
- Opción de compatibilidad con RDSI no usando los 32 primeros bins.

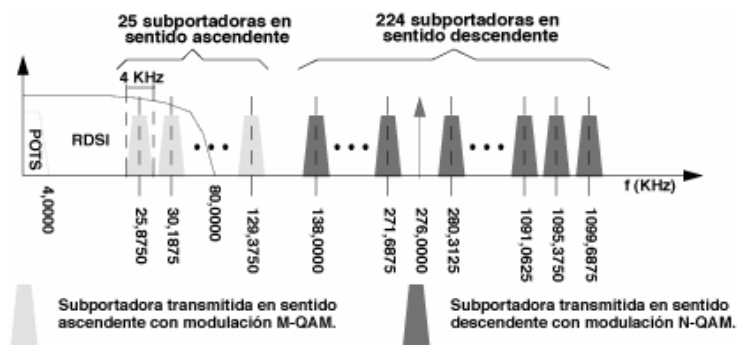
enero de 2005

Redes – Tema 2c (La capa física)

28

## DMT (2)

- Modulación independiente de la subportadora en cada bin con PSK (2/4), o QAM en cada canal, a 4 Kbaudios, con asignación independiente del número de bits/símbolo en cada bin (desde 2 hasta 15) después de comprobar su SNR.



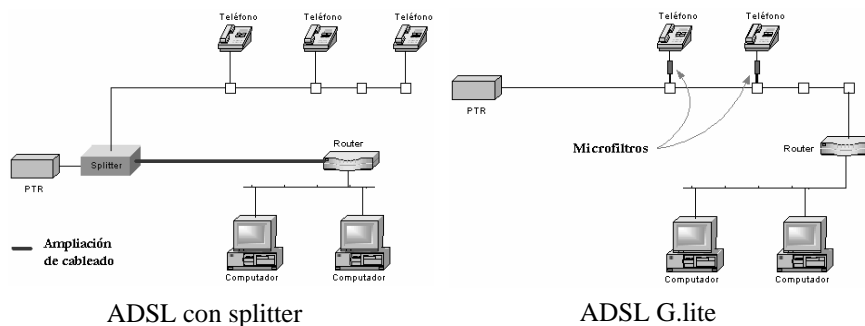
enero de 2005

Redes – Tema 2c (La capa física)

29

## UASDL

- ADSL Universal, G.lite o “Splitterless”, estándar ITU-T
- Elimina la necesidad del splitter en el domicilio: abarata el coste de la instalación ADSL



enero de 2005

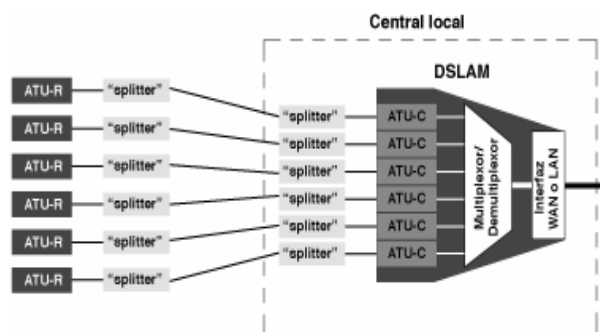
Redes – Tema 2c (La capa física)

30

## UASDL (2)

- Para reducir la interferencia entre ADSL y la señal de voz analógica:
  - Se reduce la frecuencia máxima del canal descendente hasta la mitad de bins, sólo hasta 552 kHz
  - Se reduce en 6 db la potencia del módem del domicilio (reduce la potencia emitida a la cuarta parte, aunque baja la relación S/R)
  - Se usan menos bits/símbolo (hasta 8 como máximo)
  - Se integra en cada conexión de teléfono RTC un **microfiltro** (para el módem la situación es parecida al uso de splitter)
- Rendimiento: 1,5 Mbps/2Mbps descendente, 200 kbps ascendente

## Acceso ADSL

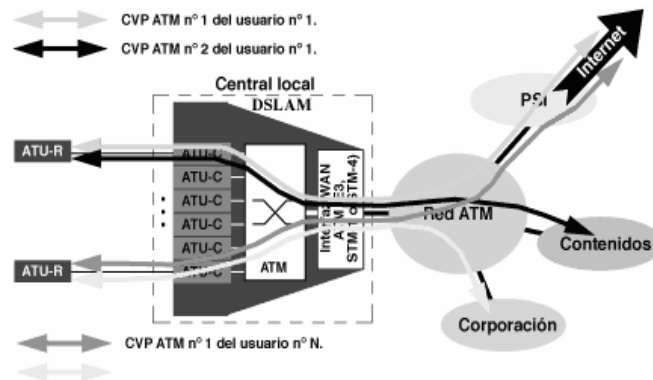


- ATU, Unidad de transmisión ADSL (módem): ATU-R ("Remote") y ATU-C ("Central")
- Central local: centraliza las conexiones ADSL.
- Multiplexado de conexiones en la Central: en un DSLAM (Multiplexor de Acceso DSL)



## Red de acceso ATM

- Conexión ATM sobre canal físico ADSL vía PVC/SVC:
  - El DSLAM opera como un conmutador ATM
  - Creación de un PVC con un ISP preestablecido que proporciona acceso a un router IP.
  - El futuro uso de SVCs permitirá mayor libertad para elegir NSPs



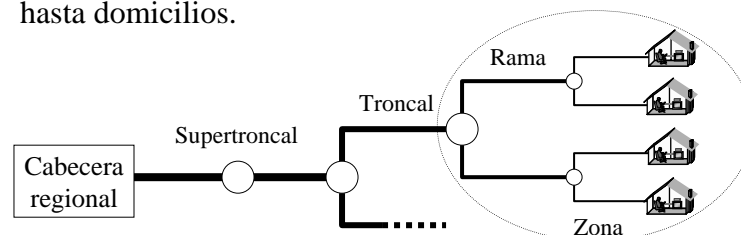
enero de 2005

Redes – Tema 2c (La capa física)

33

## Redes CATV tradicionales

- Situación tradicional de las redes de TV por cable (1940-1990):
  - Sistema unidireccional (descendente) con topología de árbol
  - “Zona”: conjunto de viviendas que reciben las mismas señales (varios miles de viviendas).
  - Medio único: Cable coaxial (75 Ohm) desde cabecera hasta domicilios.



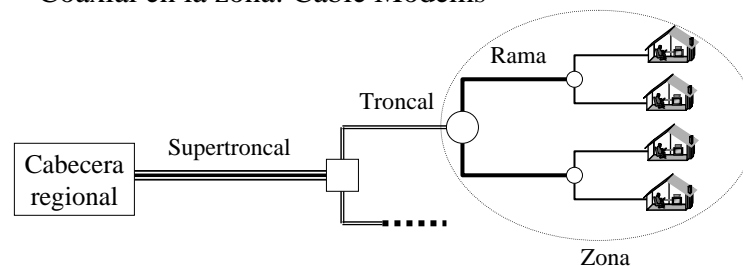
enero de 2005

Redes – Tema 2c (La capa física)

34

## Redes CATV híbridas fibra-coaxial (HFC)

- Muchas redes CATV han evolucionado a HFC (1990-200x)
- Sustitución de las supertroncales y troncales de cable coaxial por fibra bidireccional.
  - Fibra hasta la zona (500-2000 viviendas): Portadoras TDM STM-1/155 Mbps, STM-4/622 Mbps, STM-16/2,5 Gbps.
  - Coaxial en la zona: Cable Modems



enero de 2005

Redes – Tema 2c (La capa física)

35

## Redes CATV HFC (2)

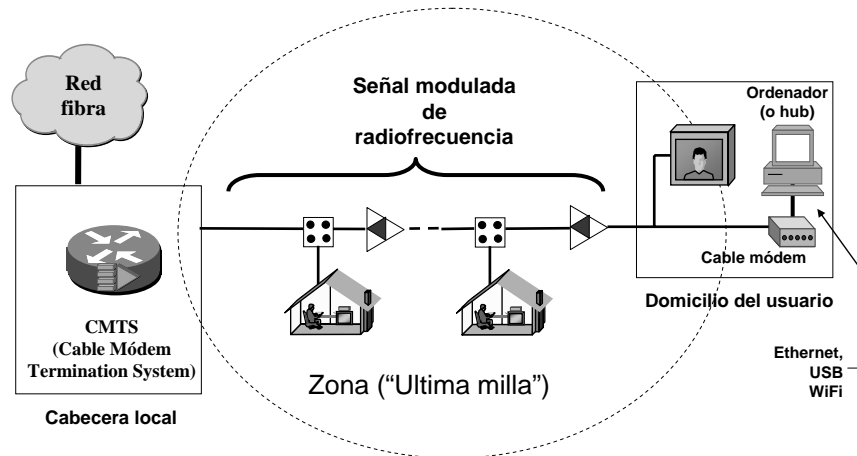
- Conversión electro-óptica en la cabecera regional (digitalización)
- Anillo de fibra (p.e., DWDM) en la cabecera para interconexión entre cabeceras locales: Portadoras TDM STM-1/155 Mbps, STM-4/622 Mbps, STM-16/2,5 Gbps.
  - Transmisión bidireccional por la troncal de fibra.
- Conversión opto-electrónica en el nodo de fibra.
- Distribución mediante cable coaxial para la “zona”:
  - Canal de uso compartido por todos los Modéms de cable de la zona.
  - Reducción del número de amplificadores en cascada (5 max.): Mayor ancho de banda y menor ruido
  - Agrupamiento de zonas (para densidad baja de usuarios): uso de los mismos canales.

enero de 2005

Redes – Tema 2c (La capa física)

36

## Segmento de cable en una red CATV



enero de 2005

Redes – Tema 2c (La capa física)

37

## Uso del ancho de banda en CATV

- Canales de video de ancho de banda uniforme:
  - 6 MHz (USA), para video NTSC
  - 8 MHz (Europa-Japón), para video PAL
- Uso habitual de los canales:
  - 110 a 862 Mhz (hasta 1 GHz en redes HFC)
    - Transmisión de video y datos (descendente)
  - 88 a 108 Mhz:
    - Transmisión radio FM
  - Por debajo de 88 Mhz:
    - Muy ruidoso y poco apropiado para video (interferencias FM, onda corta, radioaficionados)
    - Usado para canales ascendentes, a menor velocidad.

enero de 2005

Redes – Tema 2c (La capa física)

38

## Asignación de frecuencias ascendentes

- Canales desde 200 hasta 3200 KHz

Servicio	Banda (MHz)	Ancho de banda (MHz)	
Supervisión de la red (uso reducido por el ruido)	5-25	20	} Apenas usados
Reserva	25-28	3	
Datos (Internet)	28-40	12	
Banda de guarda	40-42	2	} Solo disponible en Europa
Señalización interactiva, pago por visión	42-45	3	
Datos (Internet)	45-52	7	
Banda de guarda	52-54	2	
Datos (Internet)	54-65	11	

enero de 2005

Redes – Tema 2c (La capa física)

39

## Asignación de frecuencias descendentes (Europa)

Servicio	Banda (MHz)	Ancho banda (MHz)	Ancho por canal (MHz)	Núm. Canales
Radiodifusión FM	87,5-108	20,5	0,15	136
Radio Digital (MPEG1-III)	108-118	10		
Televisión analógica PAL B	118-300	182	7	26
Televisión analógica PAL G	302-606	304	8	38
Televisión digital (MPEG2)	606-750	144	1,6 (5 Mbps)	90
Datos (Internet)	750-862	112	8	14

enero de 2005

Redes – Tema 2c (La capa física)

40

## Técnicas de modulación usadas para transmisión de datos

Modulación	Sentido	Bits/símb.	S/R mínima	Bits/símb. Max. Shannon
QPSK	Ascend.	2	> 21 dB	7
16 QAM	Ascend.	4	> 24 dB	8
64 QAM	Descend.	6	> 25 dB	8,3
256 QAM	Descend.	8	> 33 dB	10,9

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

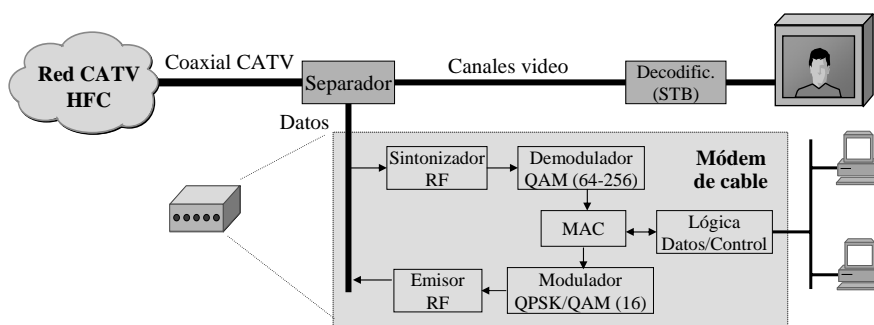
## Velocidades por canal

<b>Asc.</b> ↑	{	Anchura (KHz)	Kbaudios	Caudal QPSK (Kb/s)	Caudal 16 QAM (Kb/s)
		200	160	320	<b>640</b>
		400	320	640	1280
		800	640	1280	2560
		1600	1280	2560	5120
		3200	2560	5120	10240
<b>Desc.</b> ↓	{	Anchura (MHz)	Kbaudios	Caudal 64 QAM (Kb/s)	Caudal 256 QAM (Kb/s)
		6 (NTSC)	5057	30342	
		6 (NTSC)	5361		42888
		8 (PAL)	6952	41712	<b>55616</b>

20% de la anchura no usado, reservado para separación entre canales

## Módem de cable (CM)

- Módem que opera modulando / demodulando una señal dentro del ancho de banda correspondiente al canal usado, sobre el cable coaxial de la red CATV.
- Separador canales video (a la Set-Top-Box) /datos (al CM).
- Conexión DTEs: Ethernet, ATM, USB, WiFi, etc.



enero de 2005

Redes – Tema 2c (La capa física)

43

## Tecnologías módems de cable

- Estándares:
  - MNCS/DOCSIS (USA)
    - El estándar “de facto”, con una versión 1.0 consolidada desde hace años, y también 2.0
  - DVB/DAVIC (Europa):
    - Estándar video digital
  - IEEE 802.14
    - Estándar obsoleto
  - EuroDOCSIS
    - Adapta DOCSIS a los estándares de video europeos

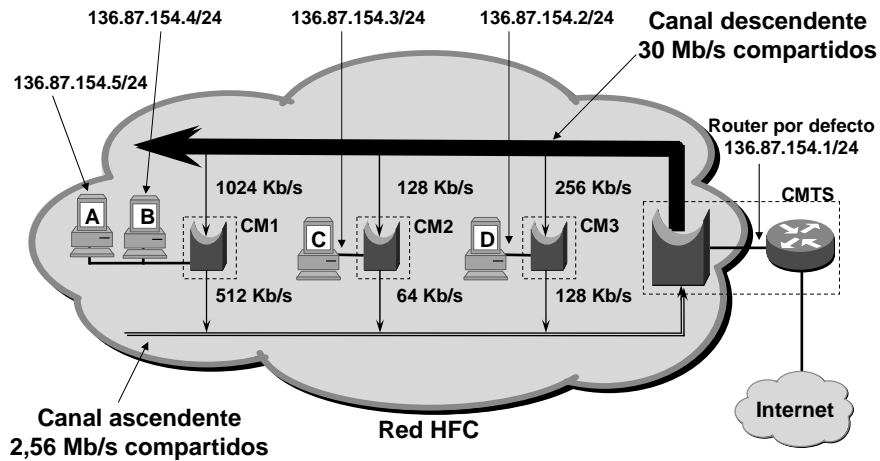
enero de 2005

Redes – Tema 2c (La capa física)

44

## Ejemplo: red CATV-DOCSIS

- Ejemplo: zona correspondiente a la red IP 136.87.154.0/24



enero de 2005

Redes – Tema 2c (La capa física)

45

## Funcionalidad en una red CATV-DOCSIS

- Orientado a tráfico IP sobre tramas Ethernet: gran eficiencia.
- Cada CM opera como un **punto** Ethernet transparente: el tráfico de tramas entre A y B (ver figura) no sale de la LAN local.
- El CMTS opera como otro puente: tráfico entre A y C (ver figura), conectados a CMs diferentes, pasa **NECESARIAMENTE** por el CMTS: atraviesa 3 puentes. Los CMs operan como si no tuvieran conexión directa.
- Toda la zona corresponde a una misma red/subred IP.
- El CMTS opera también como **router**: todo el tráfico IP al exterior de la red/subred pasa por él.

enero de 2005

Redes – Tema 2c (La capa física)

46

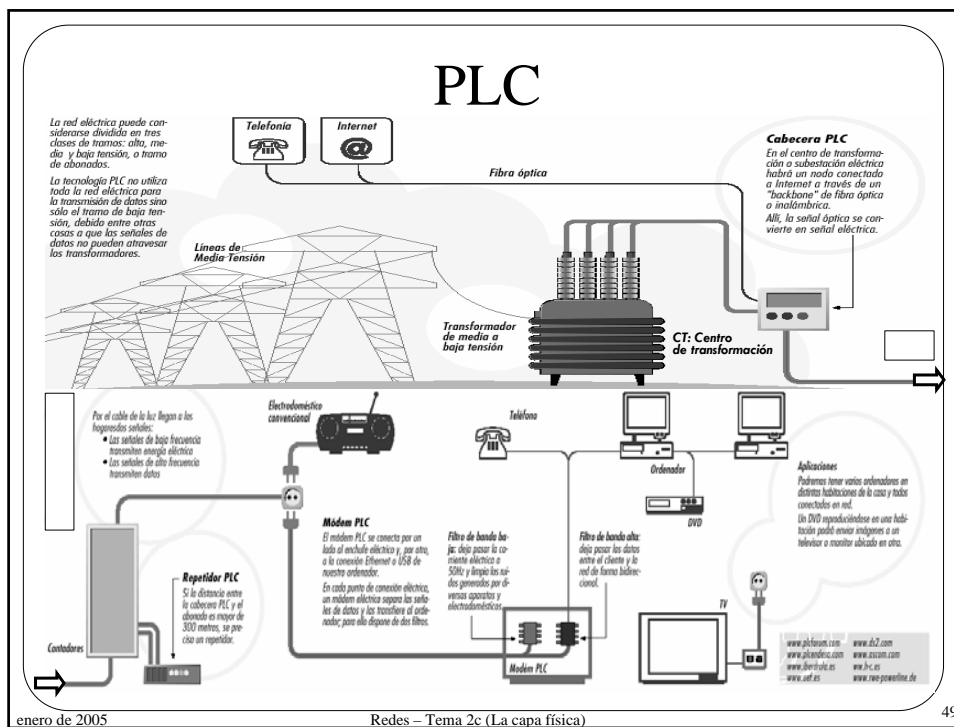
# PLC

- Power Line Communications
- Uso de la red eléctrica para transmisión de datos.
- La red eléctrica no está diseñada para ello:  
Necesidad de acondicionamiento de la red para transmitir frecuencias altas.
- Servicios:
  - Originalmente, para control de contadores.
  - Transmisión de datos (Internet) y voz (VoIP).
  - LANs domésticas y domótica.

# PLC

- Estructura de la red eléctrica:
  - Red de alta tensión (100-400 Kvoltios)
  - Red de media tensión (15-20 Kvoltios)
  - Red de baja tensión (220 voltios) (abonados)
  - El paso de una red a otra se hace a través de transformadores.
- La conexión de datos llega a través de conexiones de fibra (SDH, Gbit Ethernet) hasta la cabecera PCL, en el Centro de transformación (CT).
- Allí se inyectan a la red de distribución de baja tensión.
- Inyección de las señales mediante unidades de acoplo.
- PLC se usa sólo en el tramo de baja tensión: no puede atravesar transformadores.
- Extremo del usuario: cualquier enchufe eléctrico



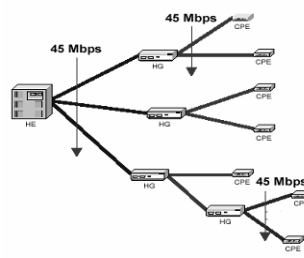
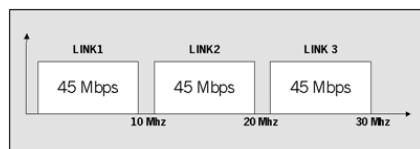


## Módems PLC

- **Módem cabecera (HE, Head End).**
  - Alcance 300 m.
  - Router/Switch
- **Módem/Repetidor entrada vivienda (HG, Home Gateway).**
  - Cuarto de contadores
  - Controla un canal físico con 256 módems CPE.
  - Router para LANs domésticas.
- **Módem Local User (CPE), o módem PLC.**
  - Conexión a cualquier enchufe
  - Recibe permiso de acceso al canal del HG.

## Capa física PLC

- Tecnología de DS2, empresa española.
- Tasa estándar por canal de 45 Mbps asimétricos (27Mbps *down* y 18Mbps *up*), y compartidos entre todos los usuarios (p.e., si hay 100 usuarios conectados, disponen de 270 Kbps cada uno).
- 3 canales: hasta 135 Mbps
- Multiplexados en 1280 portadoras, con OFDM.
- Cada una modulada con QAM (0,2,4,6, 8 bits/baudio, ajustados en cada portadora se ajusta según SNR, como en ADSL)
- Eficiencia espectral: 7,25 bits/Hz.
- 3ª generación: 200 Mbps previstos.



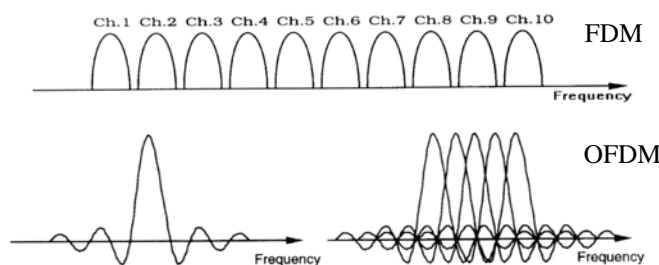
enero de 2005

Redes – Tema 2c (La capa física)

51

## OFDM

- Aprovecha la distribución de la señal de cada portadora.
- Las portadoras se sitúan en los mínimos espectrales de las portadoras adyacentes (ortogonalidad).
- Permite el solapamiento entre portadoras, logrando una mejor eficiencia espectral (muchas portadoras para un ancho de banda dado, es decir, más bits/Hz) que la multiplexación FDM convencional:



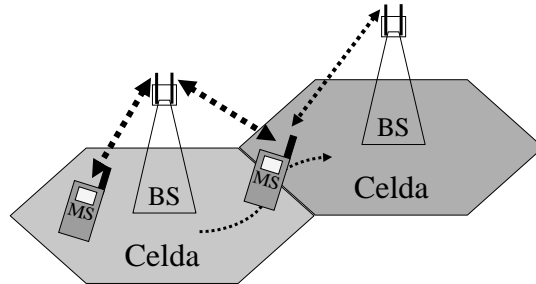
enero de 2005

Redes – Tema 2c (La capa física)

52

## 2.8 Telefonía celular inalámbrica.

- Celda: zona circular/hexagonal
- Dimensiones variables: desde 100 m. hasta 30-40 km.
- Antena en el centro geométrico: Estación base (BS)
- Terminales móviles (MS): se desplazan dentro de una celda, y de unas celdas a otras.
- Cesión del control de la comunicación entre BSs vecinas.



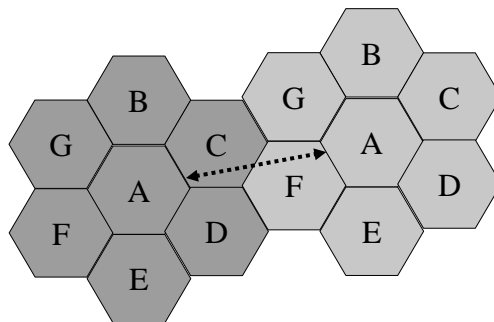
enero de 2005

Redes – Tema 2c (La capa física)

53

## Recubrimiento de una superficie

- Agrupamiento en clusters para no repetir frecuencias en celdas vecinas.
  - Clusters típicos de 7 celdas:



enero de 2005

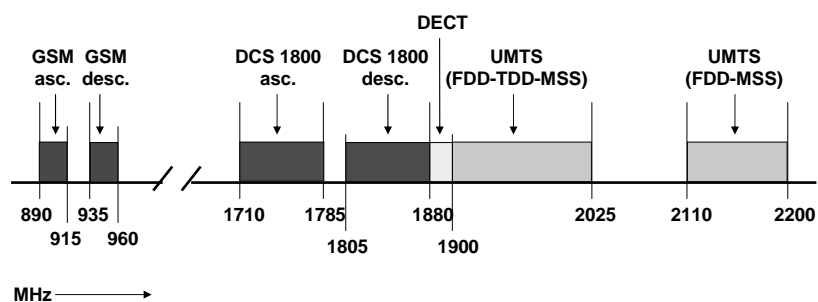
Redes – Tema 2c (La capa física)

54

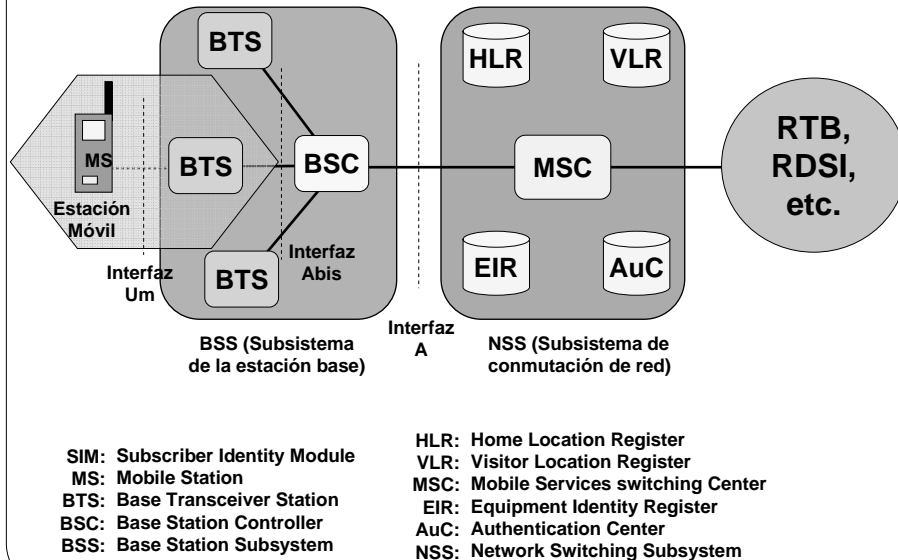
## Tecnologías de telefonía celular

- Telefonía celular analógica:
  - 1980's.
  - Sistemas AMPS-TACS.
  - Canales de voz analógicos FDM, 30 KHz.
- Telefonía celular digital:
  - 1990's.
  - Sistema GSM (Global System for Mobile Communications).
    - Voz 13 Kbps, datos 9 kbps
  - GPRS, UMTS.

## Asignación de frecuencias en telefonía celular digital



## Arquitectura de una red GSM



enero de 2005

Redes – Tema 2c (La capa física)

57

## Interfaz de radio (Um)

- GSM utiliza dos bandas de frecuencia cada una de 25 Mhz de anchura:
  - 890-915 Mhz, desde la estación móvil a la estación base (ascendente)
  - 935-960 Mhz, desde la estación base a la estación móvil (descendente)
- También se han definido servicios en bandas de 1800 MHz (denominado DCS 1800) y de 1900 MHz (denominado PCS 1900, usado en América).
- Cada banda se divide por FDM en 125 canales de 200 KHz de anchura cada uno.
- El primer canal está reservado, por lo que hay disponibles 124.

enero de 2005

Redes – Tema 2c (La capa física)

58

## Interfaz radio (2)

- Por cada canal de 200 KHz se modula una única onda portadora a 270,833 Kbps (modulación GMSK)
- La secuencia de bits transmite una secuencia de “ráfagas”, que se divide por TDM en ocho ranuras o ‘slots’ que dan servicio a otros tantos usuarios:

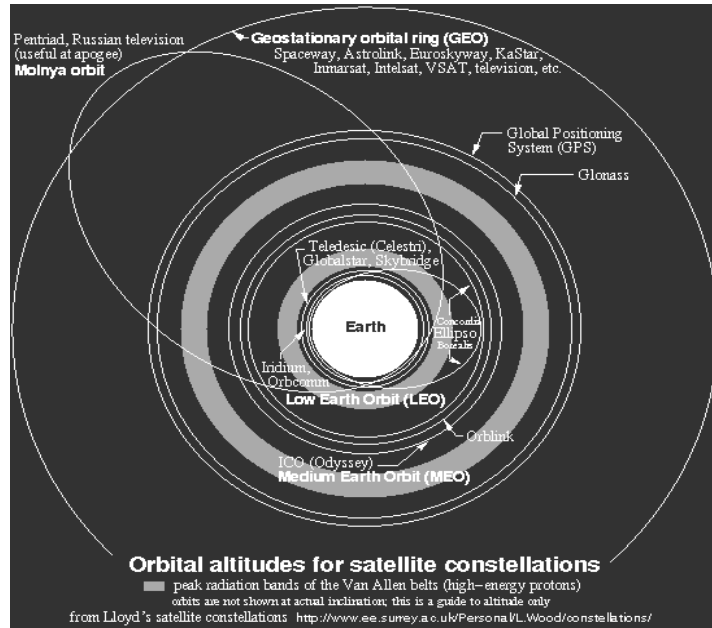
7	0	1	2	3	4	5	6	7	0	1	2	3	4
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

- Cada ranura transporta 22,8 Kb/s de información digital ‘en bruto’; por ella se puede enviar voz (13,2 Kb/s), o datos (9,6 Kb/s) (114 bits útiles por ranura)
- Códec de voz predictivo RPE/PLC: muestras de 260 bits cada 20 mseg.
- La combinación de una ranura de subida y una de bajada forma un canal físico duplex. El número de canales disponibles es teóricamente de  $124 \times 8 = 992$ . Sin embargo muchos no se pueden usar para evitar conflicto con las celdas vecinas.

## 2.9 Satélites

- Satélites GEO
  - Intelsat, Astra, Hispasat, Eutelsat, etc...
  - Satélites televisión
- Satélites MEO, HEO
  - GPS
- Satélites LEO
  - Iridium
  - Globalstar
  - Teledesic

## Orbitas de algunas constelaciones de satélites



enero de 2005

Redes – Tema 2c (La capa física)

61