

Problema de la primera milla xDSL

Area de Ingeniería Telemática
<http://www.tlm.unavarra.es>

Grado en Ingeniería en Tecnologías de
Telecomunicación, 3º

Temario

1. Introducción
2. Tecnologías LAN
3. Tecnologías WAN
- 4. Redes de acceso**
 1. El problema de la primera milla
 2. Tecnologías cableadas
 3. Tecnologías inalámbricas

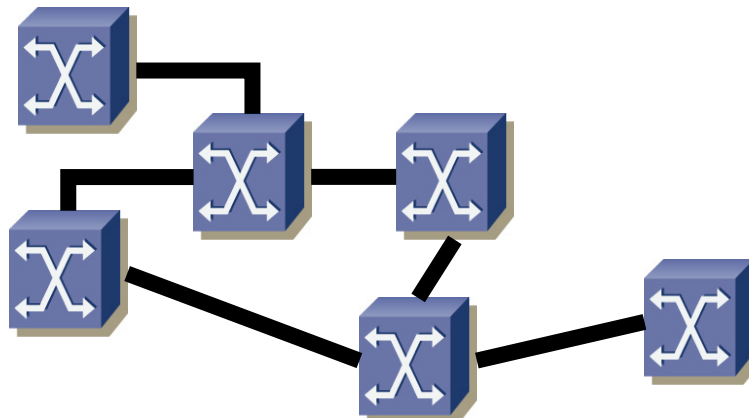
Objetivos

- Comprender la evolución de las redes y en qué se basa el problema de la primera milla
- Conocer las características básicas de las soluciones de acceso DSL
- Conocer la arquitectura de referencia del servicio ADSL

La Red hoy en día

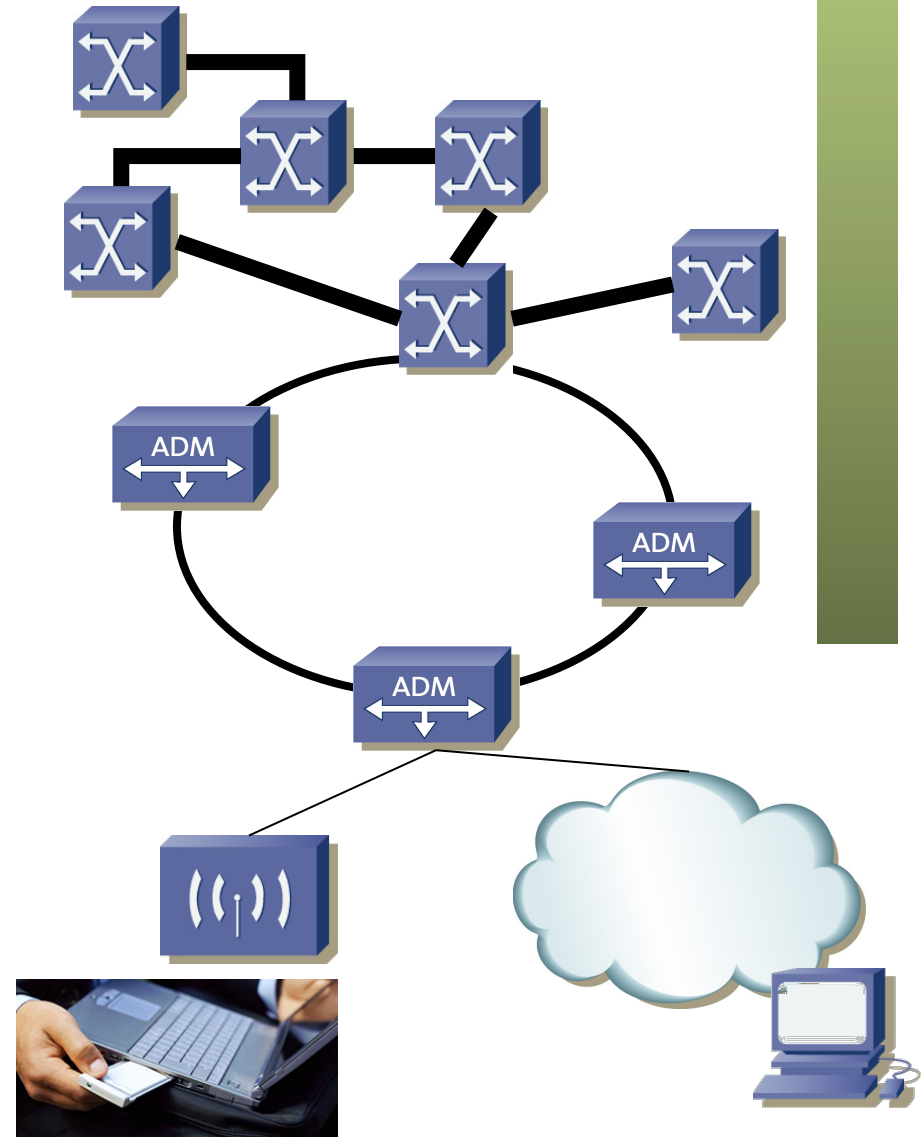
- *Data Networking vs Voice Transfer*
- El efecto de la World Wide Web
- Determinantes:
 - IP
 - WDM
 - Conmutación de altas prestaciones
 - PCs

W3C[®]



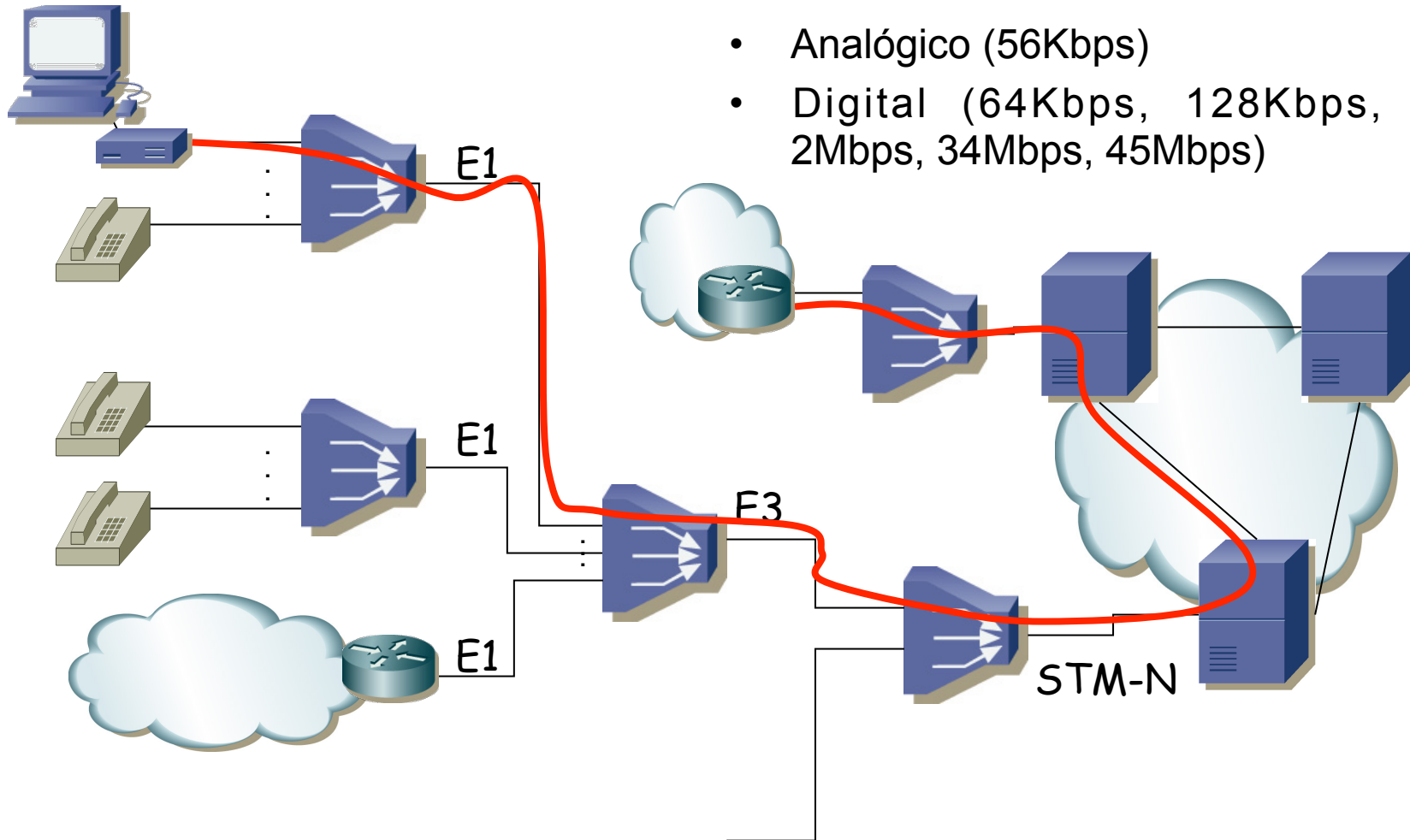
Resultado

- *Core network*
 - Fibra
 - WDM
 - STM 256 (40Gbps)
 - Alta velocidad
- *Metro network*
 - Fibra, WDM
 - Alta velocidad
- *Usuarios*
 - PCs de gran potencia
- *Access network*
 - Cableada o inalámbrica
 - Unos pocos Mbps
- (...)



PSTN como red de acceso

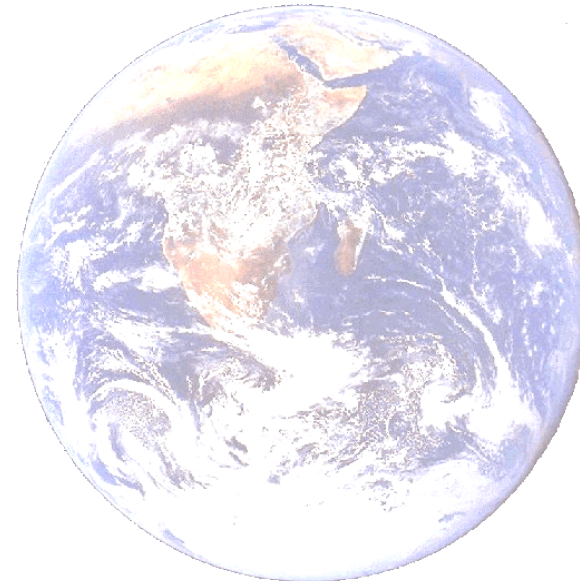
- Agregación



- Public Switched Telephone Network
- Acceso a Internet
- Analógico (56Kbps)
- Digital (64Kbps, 128Kbps, 2Mbps, 34Mbps, 45Mbps)

¿Actualizar la red de acceso?

- Inicialmente el tráfico con Internet era reducido (e-mail, un poco de web...)
- ¡ Llevó *décadas* desplegar el cableado telefónico actual !
- ¿Se justifica económicamente cambiarla?
- La burbuja de las dot-com no ha ayudado



Tecnologías en el acceso

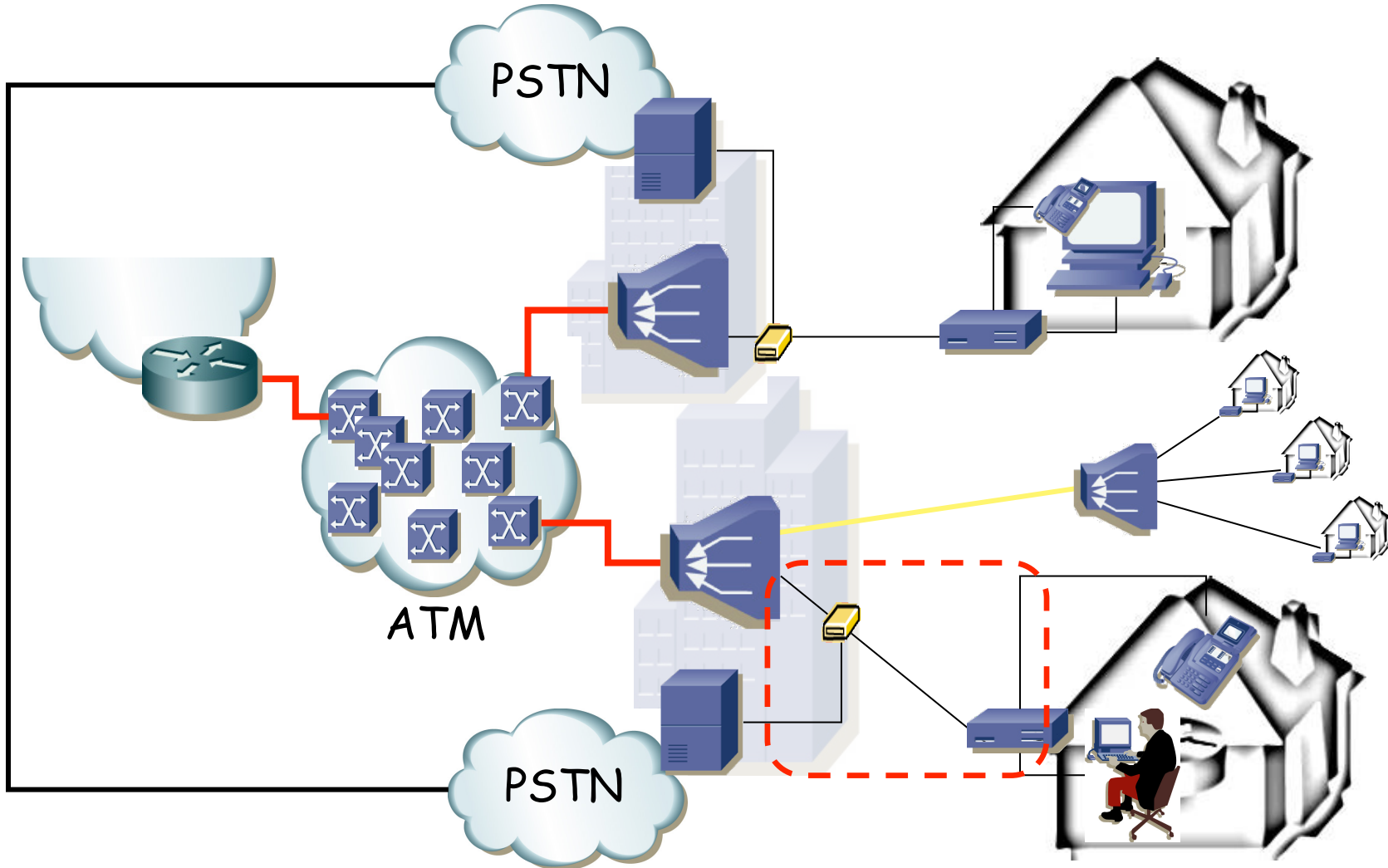
- Cableadas
 - PSTN
 - Cable coaxial
 - Fibra
 - PLC
 - xDSL
- Inalámbricas
 - Satélite
 - Fixed
 - WiFi
 - Celular
 - FSO



xDSL

- xDSL: *x-type Digital Subscriber Line*
- Alta velocidad de datos
- Sobre par trenzado telefónico (*voice grade*) (*last/first mile*)
- Bucle diseñado para 4KHz
- Algunas tecnologías basadas en modems
- Cierta compatibilidad hacia atrás con telefonía vocal
- Otras emplean CSU/DSU (transmisión digital)
- No requiere un nuevo cableado al usuario (diferencia con HFC y FTTH)

Dónde encaja



Tipos

HDSL = High bit-rate DSL G.991.1

SHDSL = Single-Pair HDSL = G.991.2 (similar a ETSI SDSL)

- Popular como alternativa para transporte de T1/E1
- No requiere repetidores (T1/E1 sí)
- Compatibilidad con otros DSLs en el mismo mazo
- La central puede alimentar el CSU/DSU del abonado
- Empleado también dentro de edificio con cableado telefónico

| Tecnología | Máx. Velocidad | Distancia | Medio | |
|------------|------------------|-----------|-----------|---------|
| HDSL | T1/E1 | 3,66Km | 2-3 pares | Digital |
| SHDSL | Hasta 5.6Mbps ↑↓ | 3,66Km | 1-2 pares | Digital |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

Tipos

ADSL = Asymmetric DSL (G.992.1)

- Puede sincronizar ambos extremos con diferentes velocidades
- Máxima velocidad de bajada permite más de 1 canal de TV
- Con POTS o RDSI
- Emplea hasta 1.1MHz
- Varios *bearers* downstream y upstream

| Tecnología | Máx. Velocidad | Distancia | Medio | |
|------------|-------------------------------|-----------|-----------|---------|
| HDSL | T1/E1 | 3,66Km | 2-3 pares | Digital |
| SHDSL | Hasta 5.6Mbps ↑↓ | 3,66Km | 1-2 pares | Digital |
| ADSL | 1.5-6,1Mbps ↓ 16-640Kbps ↑ | 5,5Km | 1 par | Analog. |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

Tipos

ADSL2 = Asymmetric DSL (G.992.3, 07/2002)

- Soporta modo digital (sin POTS/RDSI), eso añade 256Kbps al upstream
- Mejores resultados para líneas largas
- Mínimo 8Mbps downstream y 800Kbps upstream
- Hasta 12Mbps downstream y 1Mbps upstream
- Negociación inicial más rápida
- Soporta *Bonding* (8xn Mbps sobre n pares) empleando IMA
- Soporta PTM:
 - Packet Transfer Mode
 - ADSL solo soportaba STM o ATM (que ADSL2 sigue soportando)
 - Encapsulado tipo HDLC o 64/65-octetos como 802.3ah
- READSL2 (Anexo L)
 - Downstream hasta 8Mbps, Upstream hasta 1Mbps
 - RE = Reach Extended (5Km aún 1Mbps downstream)
- EUADSL2 (Anexo M)
 - EU = Extended Upstream (hasta unos 3Mbps)
 - Incrementa el BW usado en el upstream a costa del downstream

Tipos

ADSL2+ = Asymmetric DSL 2 plus (G.992.5)

- Amplía el BW hasta 2,2MHz
- Incrementa la velocidad de bajada a más de 20Mbps (hasta 24,5Mbps)
- Mínimo de 16Mbps downstream y 800Kbps upstream
- Máxima velocidad solo en menos de 2,4Km

| Tecnología | Máx. Velocidad | Distancia | Medio | |
|------------|-------------------------------|-----------|-----------|---------|
| HDSL | T1/E1 | 3,66Km | 2-3 pares | Digital |
| SHDSL | Hasta 5.6Mbps ↑↓ | 3,66Km | 1-2 pares | Digital |
| ADSL | 1.5-6,1Mbps ↓ 16-640Kbps ↑ | 5,5Km | 1 par | Analog. |
| ADSL2 | 8-12 Mbps ↓ 0,8-1Mbps ↑ | 2,5Km | 1 par | Analog. |
| | 24,5Mbps ↓ 1Mbps ↑ | 2,4Km | 1 par | Analog. |
| | | | | |

Tipos

VDSL = Very high speed DSL (G.993.1)

- Velocidades simétricas o asimétricas
- Decenas de Mbps (downstream 55Mbps, upstream 15Mbps)
- Emplea hasta 12MHz
- Soporta modo digital
- Hasta dos caminos de datos downstream y otros dos upstream
- Cada camino puede ser de baja o de alta latencia
- Soporta ATM y PTM (Packet Transfer Mode con encapsulado tipo HDLC)

| Tecnología | Máx. Velocidad | Distancia | Medio | |
|------------|-------------------------------|------------|-----------|---------|
| HDSL | T1/E1 | 3,66Km | 2-3 pares | Digital |
| SHDSL | Hasta 5.6Mbps ↑↓ | 3,66Km | 1-2 pares | Digital |
| ADSL | 1.5-6,1Mbps ↓ 16-640Kbps ↑ | 5,5Km | 1 par | Analog. |
| ADSL2 | 8-12 Mbps ↓ 0,8-1Mbps ↑ | 2,5Km | 1 par | Analog. |
| ADSL2+ | 24,5Mbps ↓ 1Mbps ↑ | 2,4Km | 1 par | Analog. |
| VDSL | 55Mbps ↓ 30Mbps ↑ | 300m-1,4Km | 1 par | Analog. |

Tipos

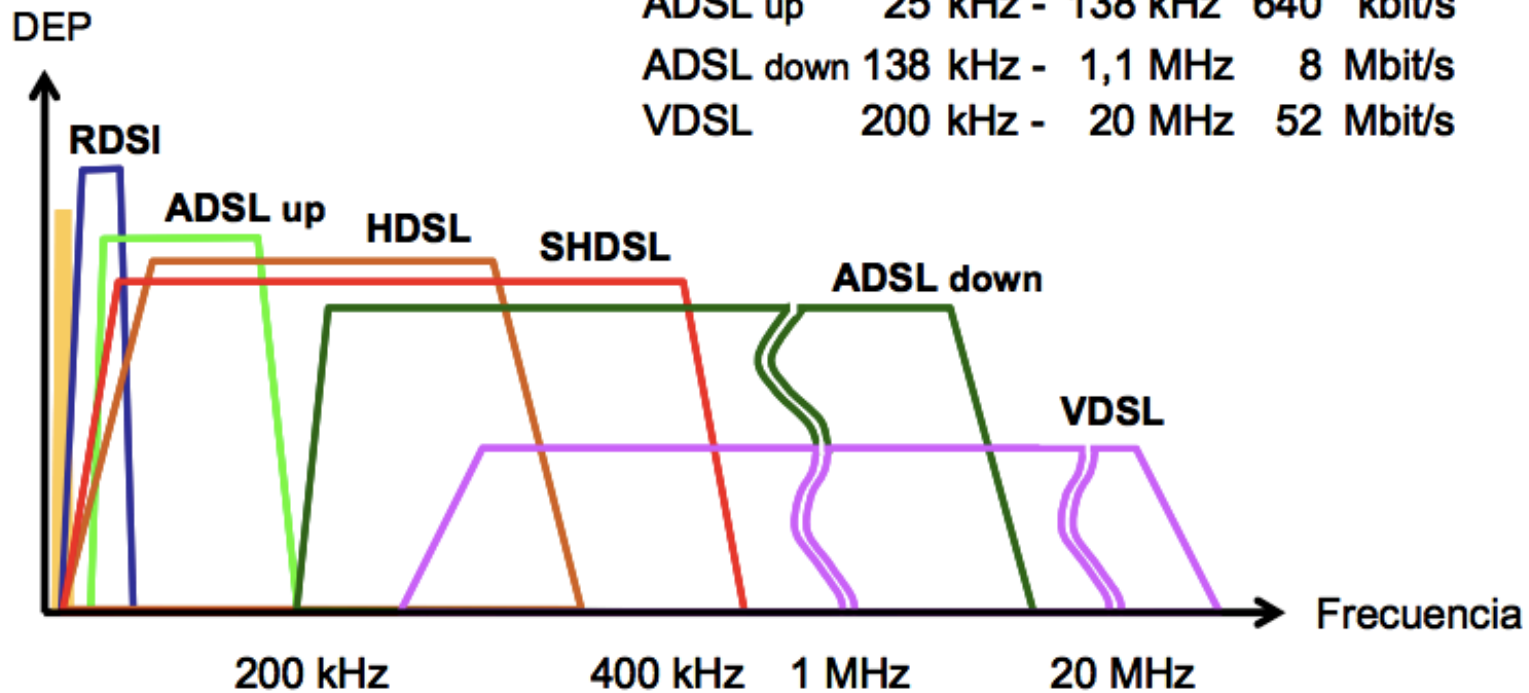
VDSL2 = Very high speed DSL 2 (G.993.2)

- Hasta 100Mbps upstream/downstream (usa 30MHz)
- Hasta 4096 portadoras
- Máxima distancia de unos 2500m
- Transporte STM, ATM o PTM
- Channel bonding
- Interoperable con ADSLn

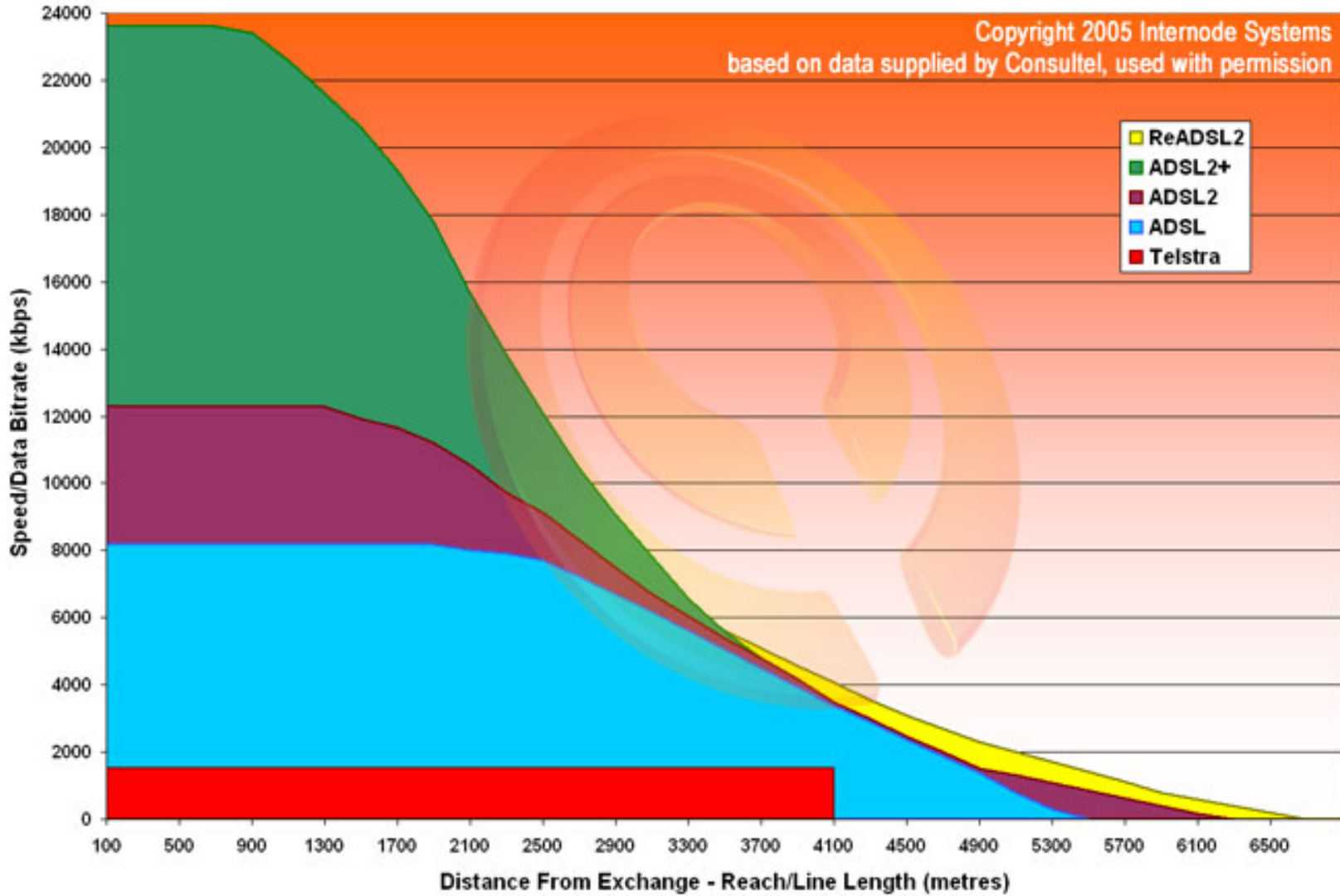
| Tecnología | Máx. Velocidad | Distancia | Medio | |
|---------------|---------------------------------|---------------------|-----------|---------|
| HDSL | T1/E1 | 3,66Km | 2-3 pares | Digital |
| SHDSL | Hasta 5.6Mbps ↑↓ | 3,66Km | 1-2 pares | Digital |
| ADSL | 1.5-6,1Mbps ↓ 16-640Kbps ↑ | 5,5Km | 1 par | Analog. |
| ADSL2 | 8-12 Mbps ↓ 0,8-1Mbps ↑ | 2,5Km | 1 par | Analog. |
| ADSL2+ | 24,5Mbps ↓ 1Mbps ↑ | 2,4Km | 1 par | Analog. |
| VDSL VDSL2 | 55Mbps ↓ 30Mbps ↑ 100Mbps ↓↑ | 300m-1,4Km 2,5Km | 1 par | Analog. |

Espectro

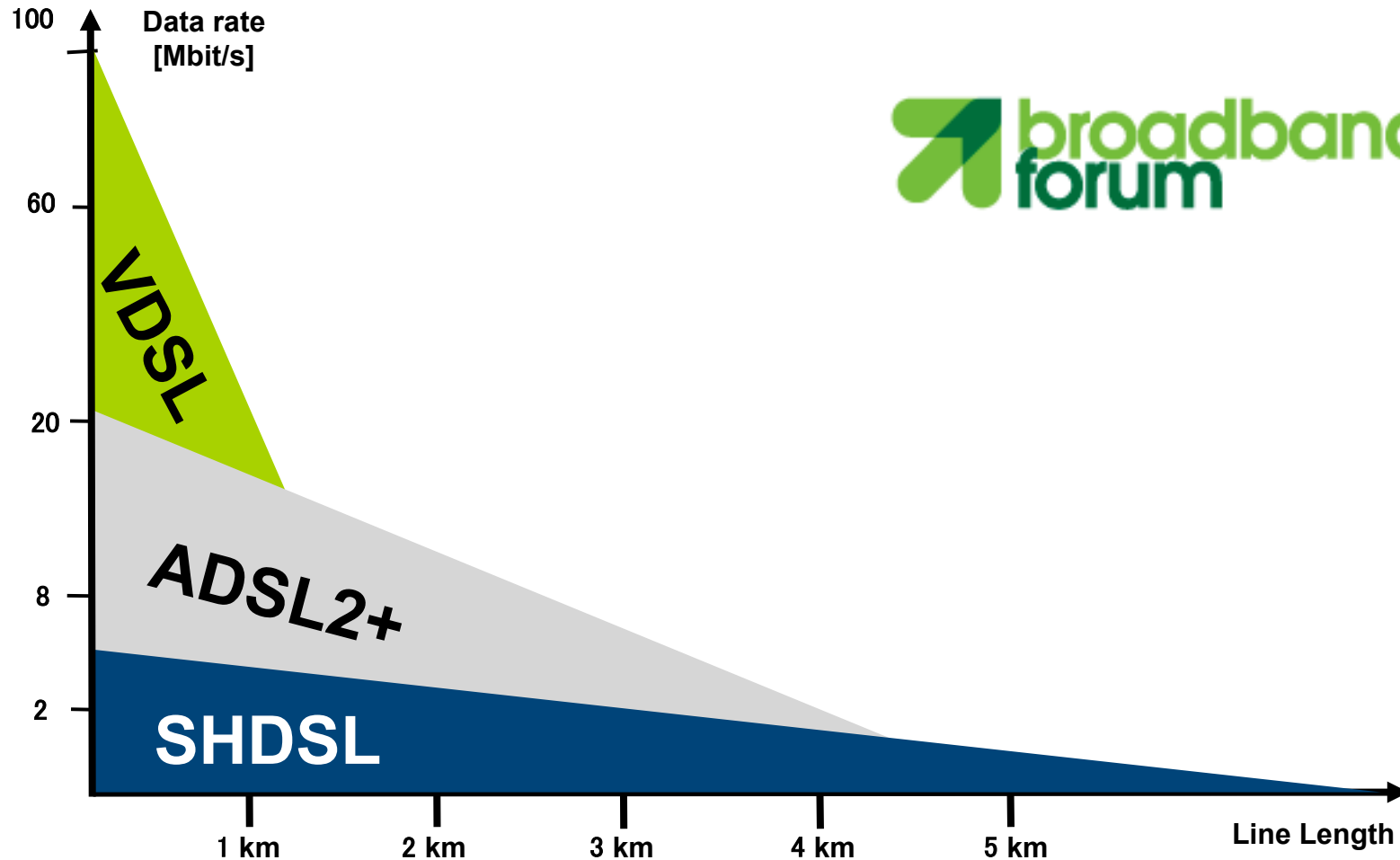
| | | |
|-----------|-------------------|------------|
| POTS | 300 Hz - 3.4 kHz | 56 kbit/s |
| RDSI | 0 Hz - 50 kHz | 144 kbit/s |
| HDSL | 0 Hz - 292 kHz | 2 Mbit/s |
| SHDSL | 0 Hz - 386 kHz | 2 Mbit/s |
| ADSL up | 25 kHz - 138 kHz | 640 kbit/s |
| ADSL down | 138 kHz - 1,1 MHz | 8 Mbit/s |
| VDSL | 200 kHz - 20 MHz | 52 Mbit/s |



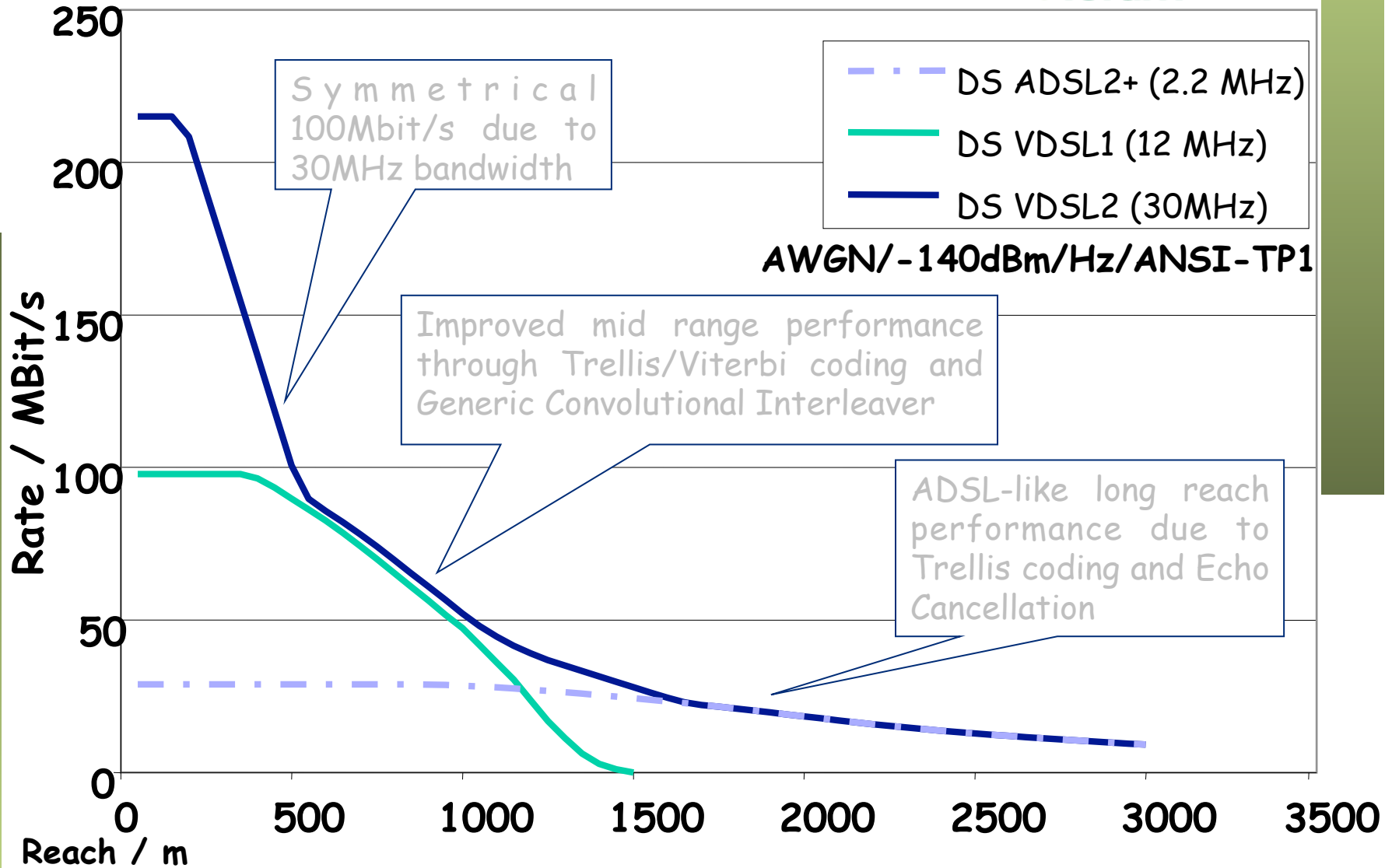
Distancias y velocidades



Distancias y velocidades



VDSL2 Performance



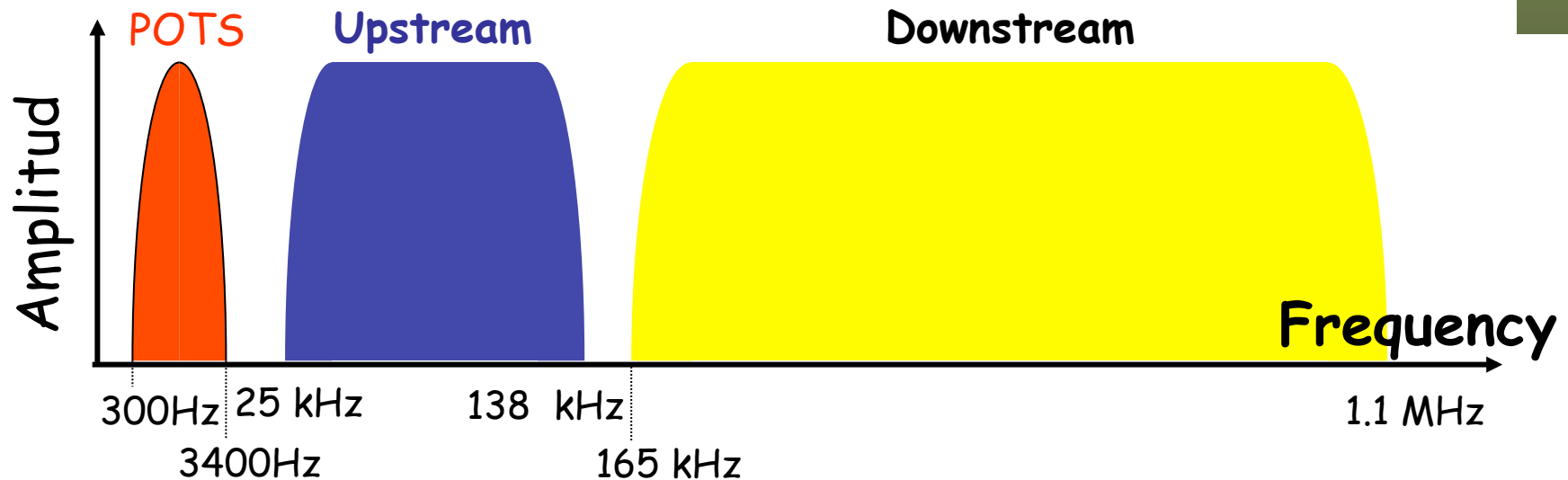
ADSL

- ITU-T G.992.1
- Solución para el enlace usuario-red sobre par de cobre de calidad de voz
- El enlace se sincroniza (inicialización y acondicionamiento) a una velocidad upstream y otra downstream
- Una vez sincronizado no es adaptable
- La modulación permite mantener el canal ante ciertas cantidades de ruido
- G.992.1 contempla la posibilidad de un DRA (Dynamic Rate Adaptation) para cambios ocasionales (lentos)
- Si no puede mantener la tasa se des-sincroniza
- Downstream al menos debe soportar 6Mbps y puede llegar hasta 8Mbps

Modulación en ADSL

DMT = Discrete MultiTone

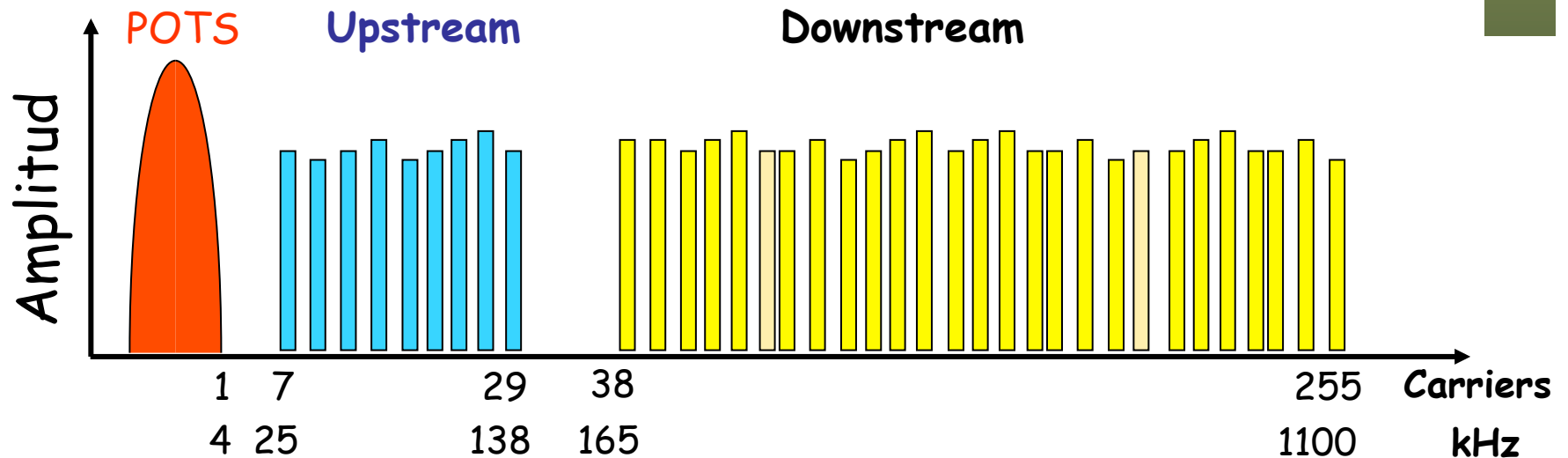
- 255 portadoras en las frecuencias $n \times 4.3215$ KHz
- 32 upstream, 250 downstream (solape y cancelación de eco)
- 32 upstream, 218 downstream (sin solape, FDM)
- ADSL2+ 512 portadoras
- VDSL2 4096 portadoras



Modulación en ADSL

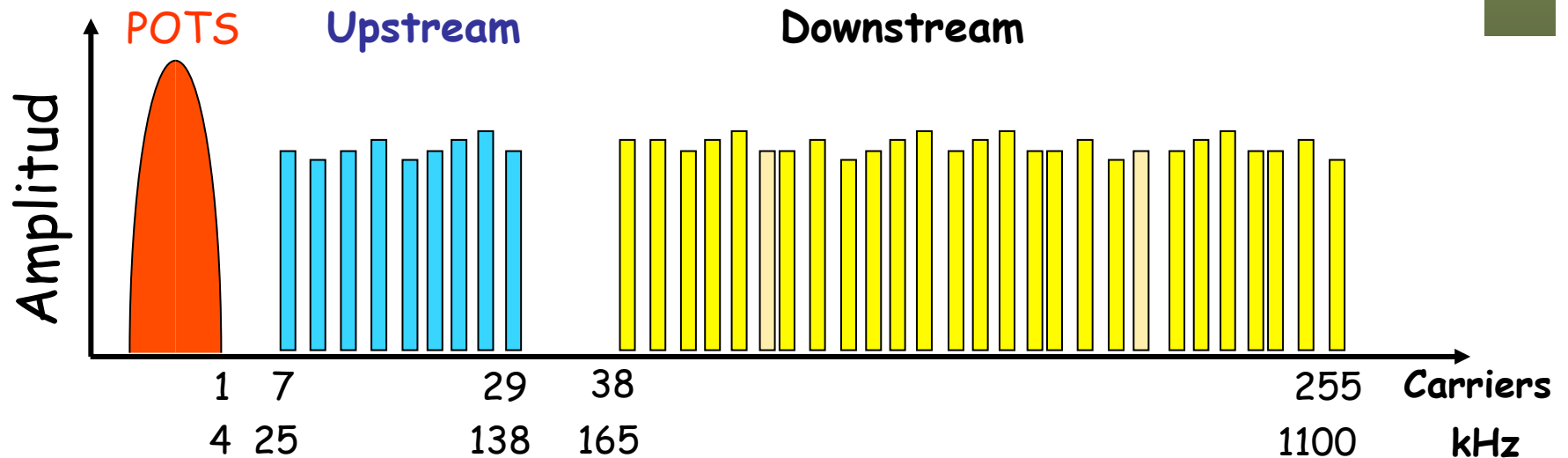
DMT = Discrete MultiTone

- 255 portadoras en las frecuencias $n \times 4.3215$ KHz
- 32 upstream, 250 downstream (solape y cancelación de eco)
- 32 upstream, 218 downstream (sin solape, FDM)
- ADSL2+ 512 portadoras
- VDSL2 4096 portadoras



Modulación en ADSL

- Cada portadora 4000 baudios
- Normalmente cada una desde 4-QAM (2bits/símbolo) a 256-QAM (8bits/símbolo)
- 8bits por símbolo, 4000 baudios → 32Kbps por portadora
- Una portadora hasta 15 bits por símbolo
- Tasas en múltiplos de 32Kbps
- Ruido en una portadora hace que los bits que transporta sean transferidos a otra próxima (*bit-swapping*)



Arquitectura ADSL

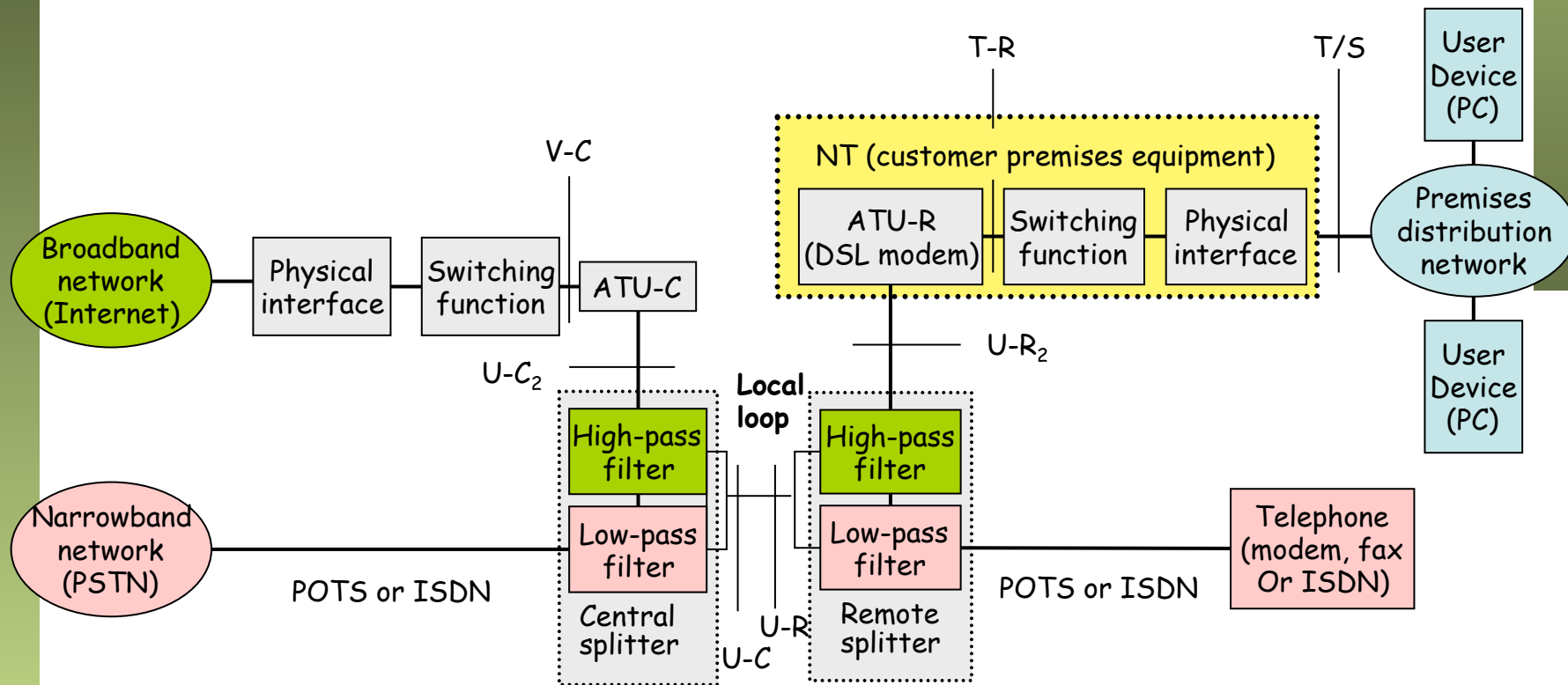
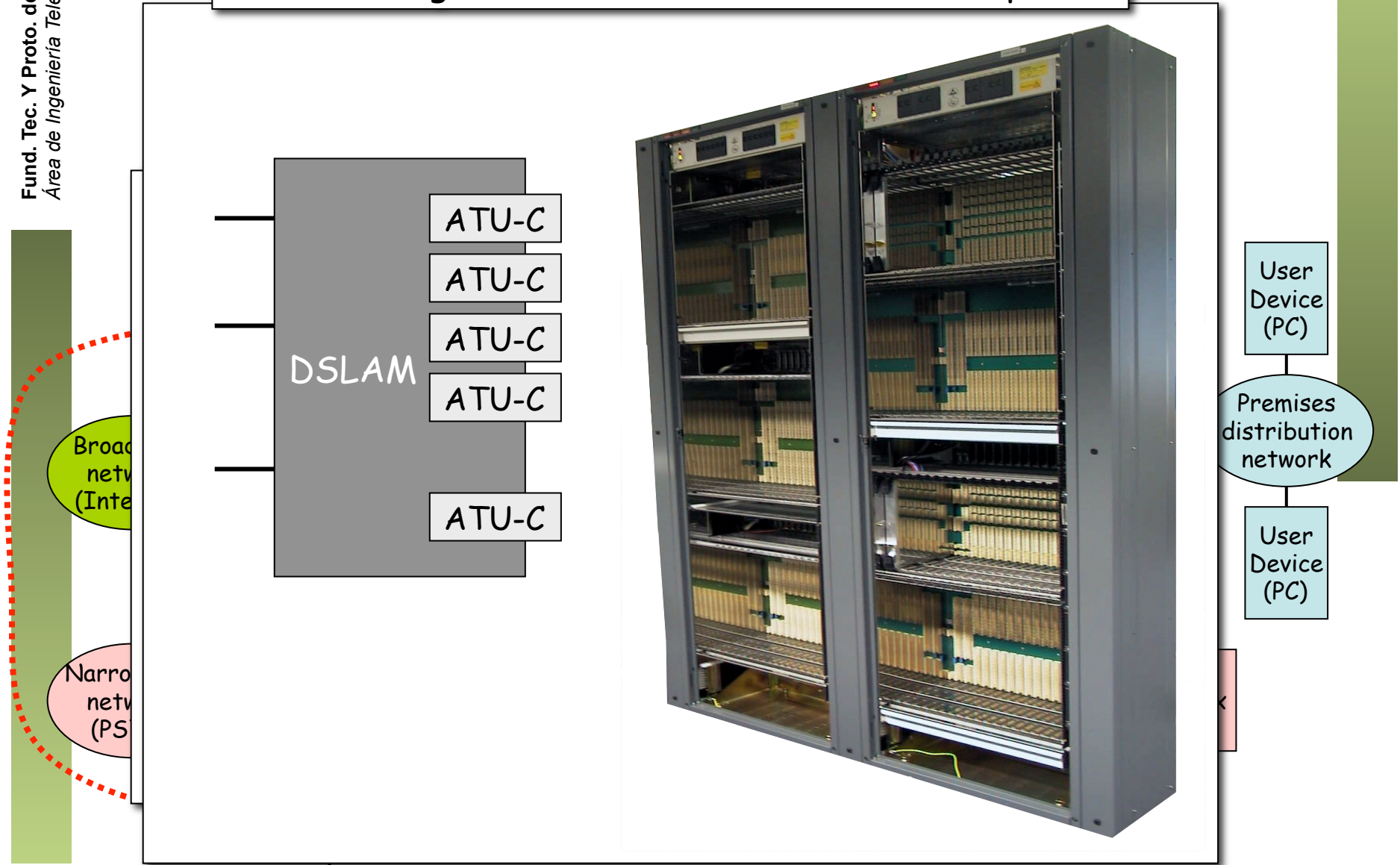


Figura 1-1/G.992.1 - Modelo de referencia del sistema ADSL

Arquitectura ADSL

DSLAM = Digital Subscriber Line Access Multiplexer

Fund. Tec. Y Proto. de Red
Área de Ingeniería Telemática



Resumen

- Desajuste de velocidades con cuello de botella en el acceso
- Soluciones DSL sobre el par de cobre de telefonía
- Sobre uno o varios pares
- Soluciones simétricas y asimétricas
- Compatible con POTS/RDSI o no
- A mayor acercamiento del equipo de central al usuario mayor capacidad
- Solución multiportadora con reparto de carga entre ellas