

upna  
REDES DE BANDA ANCHA  
Area de Ingeniería Telemática

---

## ADSL (y 2)

---

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

Redes de Banda Ancha  
5º Ingeniería de Telecomunicación

---

---

---

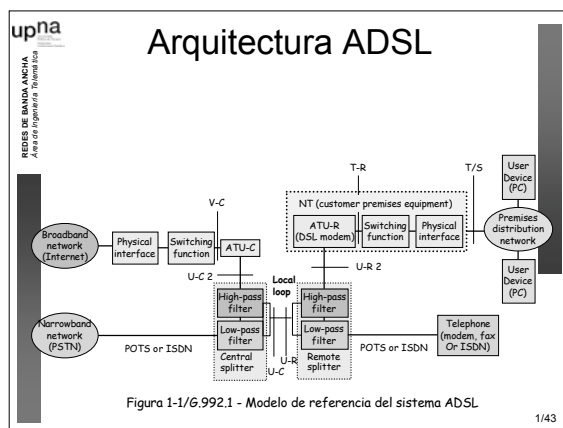
---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

---

---

---

upna  
REDES DE BANDA ANCHA  
Area de Ingeniería Telemática

### Capacidad de transporte

- El sistema ADSL puede transportar datos en modo STM o ATM
- Puede haber hasta 7 trenes ("bearers") de datos:
  - Hasta 4 canales simplex en sentido descendente (AS0-AS3)
  - Hasta 3 canales dúplex (pueden ser simplex y de velocidad independiente) (LS0-LS2)
- Son canales lógicos, todos en el mismo ADSL
- Hoy en día normalmente:
  - Se emplea el modo ATM
  - Solo canal AS0 en descendente y LS0 en ascendente
  - Latencia simple "rápida/fast" o "intercalada/interleaved"
  - Downstream: 32 a 6,144 Kbps en múltiplos de 32Kbps
  - Upstream: 32 a 640Kbps en múltiplos de 32Kbps

2/43

---

---

---

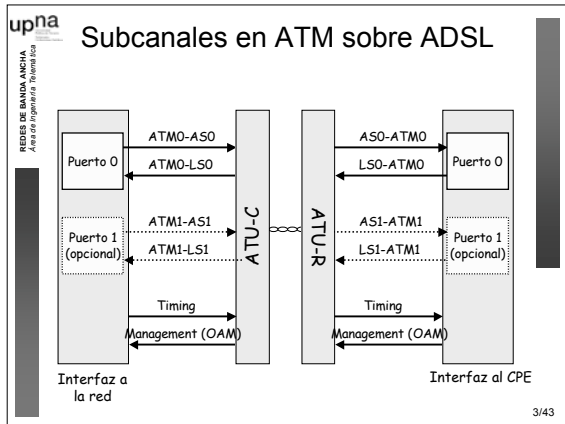
---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

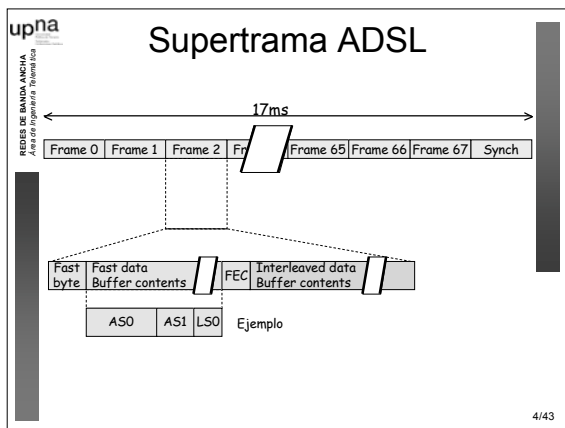
---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

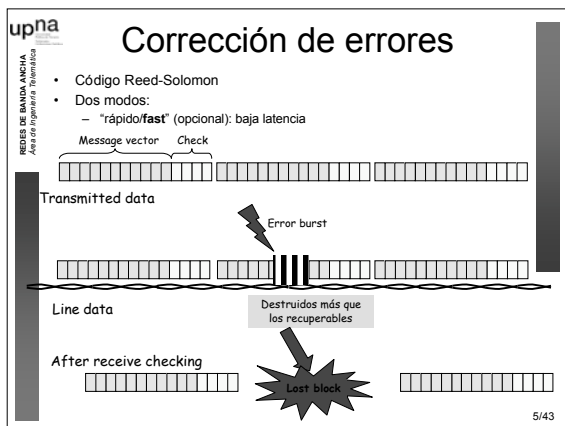
---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

upna  
REDES DE BANDA ANCHA  
Área de Ingeniería de Telecomunicaciones

## Corrección de errores

- Código Reed-Solomon
- Dos modos:
  - "intercalado/interleaved"

Block 0 Block 1 Block 2 Block 3 Block 4

Message vector Check

Data to transmit

Error burst

6 octetos destruidos

Line data

Block 0 Block 1 Block 2 Block 3 Receive

Correction Chk Correction Chk Correction Chk Correction Chk Correction Chk

---

---

---

---

---

---

---

---

upna  
REDES DE BANDA ANCHA  
Área de Ingeniería de Telecomunicaciones

## Corrección de errores

- Código Reed-Solomon
- Dos modos:
  - "intercalado/interleaved"

Más tiempo (retardo) para construir los bloques a transmitir  
Más tiempo para reconstruirlos

Block 0 Block 1 Block 2 Block 3 Block 4

Message vector Check

Data to transmit

Error burst

6 octetos destruidos

Line data

Block 0 Block 1 Block 2 Block 3 Receive

Correction Chk Correction Chk Correction Chk Correction Chk

---

---

---

---

---

---

---

---

upna  
REDES DE BANDA ANCHA  
Área de Ingeniería de Telecomunicaciones

## Ajuste de velocidad

- 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
- Si no puede mantener la tasa se des-sincroniza
- Downstream al menos debe soportar 6Mbps y puede llegar hasta 8Mbps

---

---

---

---

---

---

---

---

**upna**  
 REDES DE BANDA ANCHA  
 Área de Ingeniería y Operación

## Ajuste de velocidad

**En la inicialización**

- "planned rate": velocidad requerida por el operador
- Para un margen de ruido mayor del especificado y  $BER \leq 10^{-7}$
- El modem debe mantener la velocidad

9/43

---

---

---

---

---

---

---

---

**upna**  
 REDES DE BANDA ANCHA  
 Área de Ingeniería y Operación

## Ajuste de velocidad

**En la inicialización**

- Mínimo y máximo impuesto por el operador
- Para un margen de ruido mayor del especificado y  $BER \leq 10^{-7}$
- Si no puede garantizar el mínimo no funciona y lo notifica
- El modem debe mantener la velocidad

10/43

---

---

---

---

---

---

---

---

**upna**  
 REDES DE BANDA ANCHA  
 Área de Ingeniería y Operación

## Arquitectura de red

- DSLAM ATM
- Básicamente un conmutador ATM
- Conmuta las celdas del PVC del usuario (...)

11/43

---

---

---

---

---

---

---

---

upna  
REDES DE BANDA ANCHA  
Área de Ingeniería y Operación

## Bridged Mode

- Encapsulado RFC 2684 (*Bridged Ethernet*)
- ATU-R actúa como un puente
- Funciona con todos los ATU-R (simple)
- Varios PCs pueden compartir el PVC
- No incluye directamente forma de *accounting*
- El usuario no puede tener un servidor DHCP pues el ATU-R es un puente

12/43

---

---

---

---

---

---

---

---

upna  
REDES DE BANDA ANCHA  
Área de Ingeniería y Operación

## Bridged Mode

13/43

---

---

---

---

---

---

---

---

upna  
REDES DE BANDA ANCHA  
Área de Ingeniería y Operación

## Bridged Mode con PPPoE

- Crear una sesión PPP entre los dos extremos
- Sobre las tramas Ethernet punteadas (RFC 2684)
- ¿ PPP ?

14/43

---

---

---

---

---

---

---

---

**upna**  
 REDES DE BANDA ANCHA  
 Área de Ingeniería y Operación

## ¿ PPP ?

- *Point-to-Point Protocol* (RFC 1661)
- Creado para la conexión usuario-a-red
- Empleado también en red-a-red
- Ofrece:
  - Encapsulación
  - Protocolo de control del enlace (LCP) para establecer, configurar y comprobar el enlace de datos
  - Protocolos de control específicos para cada protocolo de red (NCP)
- Se emplea sobre enlaces full-duplex que mantienen el orden

CSU/DSU = Channel Service Unit/Data Service Unit

15/43

---

---

---

---

---

---

---

---

**upna**  
 REDES DE BANDA ANCHA  
 Área de Ingeniería y Operación

## PPP: encapsulación

- Puede transportar múltiples protocolos simultáneamente
- Marca el comienzo y final de cada trama
- Por defecto encapsulación HDLC (RFC 1662)
  - Flag (0x7e)
  - Address (solo 0xff = All-Stations)
  - Control (solo 0x03 = Unnumbered Information con bit Poll/Final a cero)
  - FCS (calculado desde el campo Address)
- Byte Stuffing
  - Carácter de escape = 0x7d
  - En la secuencia entre los Flags se escapan todos los caracteres 0x7d y 0x7e

Flag	Addr	Ctrl	Paquete PPP	FCS	Flag
Bytes	1	1	0-MRU	2 ó 4	1

16/43

---

---

---

---

---

---

---

---

**upna**  
 REDES DE BANDA ANCHA  
 Área de Ingeniería y Operación

## PPP: LCP

- *Link Control Protocol*
- Permite que los extremos
  - Acuerden el formato de encapsulado
  - Terminen el enlace
  - Autenticación
  - Determinar si el enlace funciona correctamente
- Para establecer comunicación cada extremo envía primero paquetes LCP para configurar y comprobar el enlace
- Tras establecer el enlace se puede realizar una autenticación de los extremos (opcional)
- El enlace permanece hasta que paquetes LCP o NCP lo desactivan o hasta un evento externo

```

    graph TD
      Dead -- UP --> Establish
      Establish -- OPENED --> Authenticate
      Authenticate -- SUCCESS / NONE --> Network
      Network -- CLOSING --> Terminate
      Terminate -- DOWN --> Dead
      Establish -- FAIL --> Dead
      Authenticate -- FAIL --> Terminate
  
```

17/43

---

---

---

---

---

---

---

---

upna  
 REDES DE BANDA ANCHA  
 Área de Ingeniería y Operación

## PPP: LCP (Autenticación)

- PPP soporta autenticación antes de empezar con NCP
- Dos protocolos de autenticación:
  - PAP: *Password Authentication Protocol* (envía la password como texto, saludo a 2 vías)
  - CHAP: *Challenge Handshake Authentication Protocol* (saludo a 3 vías)

Nombre: santacruz  
Contraseña: boardwalk

"santacruz boardwalk"

Aceptar/Rechazar

Nombre: santacruz  
Contraseña: boardwalk

Desafío

Respuesta

Aceptar/Rechazar

18/43

---

---

---

---

---

---

---

---

upna  
 REDES DE BANDA ANCHA  
 Área de Ingeniería y Operación

## PPP: NCP

- *Network Control Protocol*
- Una vez el enlace está funcionando, cada NCP configura un protocolo de red (IP, IPX, AppleTalk)
- Cada NCP puede ser activado o desactivado en cualquier momento
- IPCP (NCP para IPv4, RFC 1332)
  - Responsable de configurar, activar y desactivar los módulos de IP en ambos extremos
  - Antes de poderse comunicar paquetes IP, IPCP debe alcanzar el estado "Opened"
  - Permite configurar las direcciones IP de los extremos
  - Permite especificar compresión de las cabeceras IP

19/43

---

---

---

---

---

---

---

---

upna  
 REDES DE BANDA ANCHA  
 Área de Ingeniería y Operación

## Bridged Mode con PPPoE

Agregador    Switch ATM    DSLAM    ATM

- Crear una sesión PPP entre los dos extremos
- Sobre las tramas Ethernet punteadas (RFC 2684)
- ¿ PPP ? (...)
- PPP over Ethernet (RFC 2516)
- Permite autenticación y *accounting*
- Control del estado del enlace con LCP

20/43

---

---

---

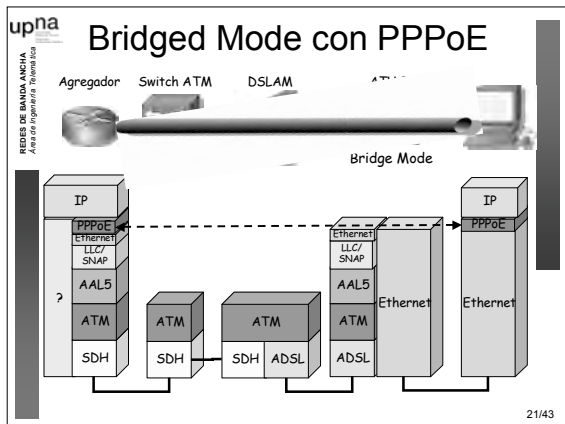
---

---

---

---

---




---

---

---

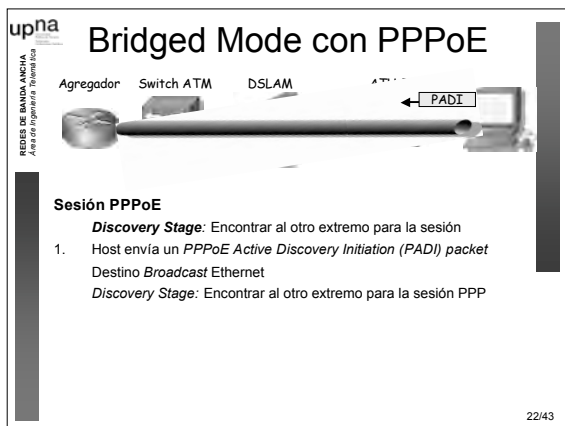
---

---

---

---

---




---

---

---

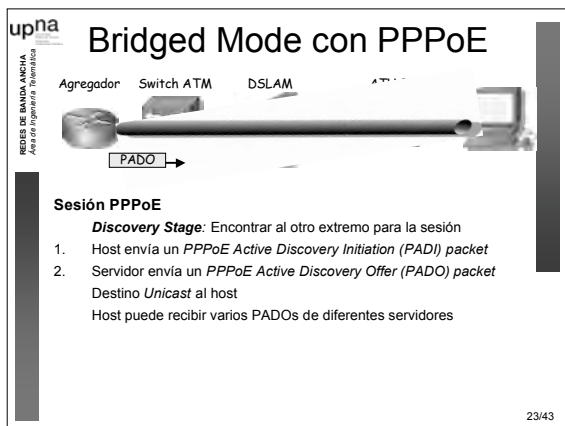
---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

---

---

---



upna  
REDES DE BANDA ANCHA  
Área de Ingeniería y Operación

## Bridged Mode con PPPoE

Agregador    Switch ATM    DSLAM    ATM

← PADR

### Sesión PPPoE

**Discovery Stage:** Encontrar al otro extremo para la sesión

1. Host envía un *PPPoE Active Discovery Initiation (PADI) packet*
2. Servidor envía un *PPPoE Active Discovery Offer (PADO) packet*
3. Host envía un *PPPoE Active Discovery Request (PADR) packet*  
Unicast al servidor seleccionado

24/43

---

---

---

---

---

---

---

---

upna  
REDES DE BANDA ANCHA  
Área de Ingeniería y Operación

## Bridged Mode con PPPoE

Agregador    Switch ATM    DSLAM    ATM

PADS →

### Sesión PPPoE

**Discovery Stage:** Encontrar al otro extremo para la sesión

1. Host envía un *PPPoE Active Discovery Initiation (PADI) packet*
2. Servidor envía un *PPPoE Active Discovery Offer (PADO) packet*
3. Host envía un *PPPoE Active Discovery Request (PADR) packet*
4. Servidor envía un *PPPoE Active Discovery Session-confirmation (PADS) packet*  
Incluye un identificador para la sesión (SESSION\_ID)

25/43

---

---

---

---

---

---

---

---

upna  
REDES DE BANDA ANCHA  
Área de Ingeniería y Operación

## Bridged Mode con PPPoE

Agregador    Switch ATM    DSLAM    ATM

PPPoE →      ← PPPoE

### Sesión PPPoE

**Discovery Stage:** Encontrar al otro extremo para la sesión

**PPP Session Stage:** Tráfico PPP

- Tramas Ethernet unicast entre los dos extremos
- Dentro PPPoE
- Dentro PPP (desde el campo *Protocol-ID*)
- Dentro IP
- MTU máxima de 1492 bytes (+6 PPPoE +2 PPP = 1500)

26/43

---

---

---

---

---

---

---

---

upna  
REDES DE BANDA ANCHA  
Área de Ingeniería y Operación

## Bridged Mode con PPPoE

Agregador    Switch ATM    DSLAM    ATM

← PADT →

**Sesión PPPoE**

- Discovery Stage:** Encontrar al otro extremo para la sesión
- PPP Session Stage:** Tráfico PPP
- Terminar sesión:** Un extremo envía un *PPPoE Active Discovery Terminate (PADT) packet*

27/43

---

---

---

---

---

---

---

---

upna  
REDES DE BANDA ANCHA  
Área de Ingeniería y Operación

## Bridged Mode con PPPoE

Agregador    Switch ATM    DSLAM    ATM

**Formato:**

- Ethertype 0x8863 (Discovery Stage) o 0x8864 (PPP Session Stage)
- Ejemplo en la *PPP Session Stage*:

Ethernet    PPPoE    Paquete PPP

← 14 bytes    6 bytes    →

Proto    Información (Paquete IP)    Padd

↔ 2 bytes

28/43

---

---

---

---

---

---

---

---

upna  
REDES DE BANDA ANCHA  
Área de Ingeniería y Operación

## Bridged Mode con PPPoE

Agregador    Switch ATM    DSLAM    ATM

Bridge Mode

IP    PPPoE    Ethernet    LLC/SNAP    AAL5    ATM    SDH

IP    PPPoE    Ethernet    LLC/SNAP    AAL5    ATM    ADSL    SDH

29/43

---

---

---

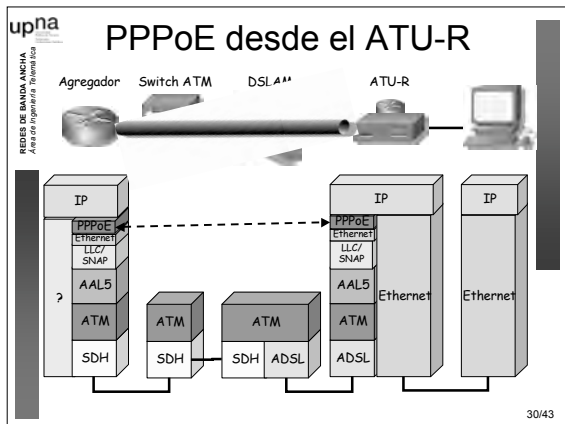
---

---

---

---

---




---

---

---

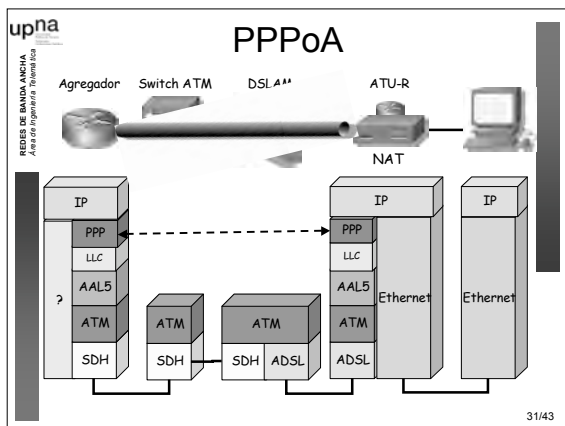
---

---

---

---

---




---

---

---

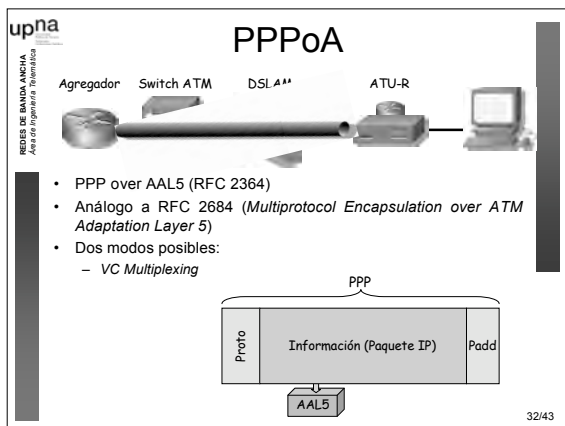
---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

---

---

---

**upna**  
REDES DE BANDA ANCHA  
Área de Ingeniería y Operación

## PPPoA

- PPP over AAL5 (RFC 2364)
- Análogo a RFC 2684 (*Multiprotocol Encapsulation over ATM Adaptation Layer 5*)
- Dos modos posibles:
  - LLC Encapsulated PPP Over AAL5
    - ISO NLPID (Network Layer Protocol ID) 0xCF para PPP

DSAP (0xFFE)	SSAP (0xFFE)	CHI (0x03)	NLPID	Proto	Información (Paquete IP)	Padd
--------------	--------------	------------	-------	-------	--------------------------	------

↓  
AAL5

33/43

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**upna**  
REDES DE BANDA ANCHA  
Área de Ingeniería y Operación

## DSLAM IP

- Su interfaz de uplink no es ATM. Termina el PVC (...)
- Por ejemplo uplink Ethernet: cada usuario se mapea a una VLAN diferente

34/43

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**upna**  
REDES DE BANDA ANCHA  
Área de Ingeniería y Operación

## DSLAM IP

### Ejemplo

IP	Ethernet 802.1Q	Ethernet 802.1Q	Ethernet 802.1Q	Ethernet	Ethernet
		LLC/SNAP	LLC/SNAP		
		AAL5	AAL5		
		ATM	ATM		
		ADSL	ADSL		

35/43

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**upna**  
 REDES DE BANDA ANCHA  
 Área de Ingeniería y Operación

## VoDSL

**Voice over DSL**

- Transporte de voz a la PSTN empleando la banda de DSL
- Permite telefonía en tecnologías que no soportan POTS
- Permite más de una línea telefónica

- Ejemplo:
  - ATM ADSL
  - PVC independiente para cada línea telefónica
  - AAL2, VBR-rt
- Ejemplo: Voz sobre IP sobre ATM sobre DSL

36/43

---

---

---

---

---

---

---

---

**upna**  
 REDES DE BANDA ANCHA  
 Área de Ingeniería y Operación

## Ejemplo: Subtendido

37/43

---

---

---

---

---

---

---

---

**upna**  
 REDES DE BANDA ANCHA  
 Área de Ingeniería y Operación

## Ejemplo: Subtendido

- Uplink desde el subtendido nxE1
- IMA

38/43

---

---

---

---

---

---

---

---

**upna**  
 REDES DE BANDA ANCHA  
 Área de Ingeniería Telemática

## Práctica 9

*Escenarios simples de acceso ADSL*

- Escenario Bridged

39/43

---

---

---

---

---

---

---

---

**upna**  
 REDES DE BANDA ANCHA  
 Área de Ingeniería Telemática

## Práctica 9

*Escenarios simples de acceso ADSL*

- Escenario 1483 bridged

40/43

---

---

---

---

---

---

---

---

**upna**  
 REDES DE BANDA ANCHA  
 Área de Ingeniería Telemática

## Práctica 10

*Otros escenarios de configuración de acceso ADSL*

- Escenario 1483 routed (Práctica anterior)
- Escenario bridged

41/43

---

---

---

---

---

---

---

---

**upna**  
 REDES DE BANDA ANCHA  
 Área de Ingeniería de Telecomunicaciones

## Práctica 10

Otros escenarios de configuración de acceso ADSL

- Escenario PPPoA

42/43

---

---

---

---

---

---

---

---

**upna**  
 REDES DE BANDA ANCHA  
 Área de Ingeniería de Telecomunicaciones

## Práctica 11

Escenarios ADSL simultáneos

- 2 PVCs a la vez
- 2 de los escenarios anteriores
- (No evaluable)

43/43

---

---

---

---

---

---

---

---