

Telefónica

ATM.

INGENIERIA DE REDES

Documentación en formato electrónico

Telefónica de España

Servicios de Formación



ATM INGENIERÍA DE REDES

RCP 404

*Este manual ha sido elaborado por el Servicio de Formación de Telefónica
gracias a la colaboración de los siguientes Sres.:
Francisco Javier Pastor Budí, Luis J. Carrión Giménez,
Marino Sánchez Castillejo y Alfonso de las Heras Alfonso.*

ATM INGENIERÍA DE REDES

INTRODUCCIÓN

OBJETIVO

El objetivo principal del curso es que el personal de Ingeniería, responsable de las aceptaciones de las obras de creación de red, adquiera los conocimientos necesarios sobre la técnica ATM (**Modo de Transferencia Asíncrono**) para desempeñar su labor. Por extensión, se trata de cubrir las necesidades del personal que, sin ser de Ingeniería, tenga que realizar tareas relacionadas con ATM, así como satisfacer las inquietudes de formación de personal ajeno a estas labores.

Con tal fin, se realiza una descripción de los fundamentos de la técnica ATM, y de las ventajas asociadas que han motivado su elección como técnica para constituir la base de la Red Digital de Servicios Integrados de Banda Ancha (RDSI-BA). Asimismo, se analiza con detalle el modelo de capas en que se basa el ATM, estudiando como valor añadido los aspectos de operación y mantenimiento y gestión de tráfico.

También se pretende que el alumno consiga una visión del horizonte evolutivo de las redes actuales hacia una única RDSI-BA, con el ATM como técnica soporte, capaz de integrar todo tipo de servicios e informaciones (voz, datos, imágenes, etc.) en una misma comunicación. Para ello describiremos las experiencias previas que se han realizado (proyectos, redes piloto, etc.), comentaremos el estado actual en relación a las técnicas disponibles, introduciremos los conceptos básicos de la señalización y veremos las expectativas de convergencia de las distintas redes en la RDSI-BA.

Por último, se quiere que el alumno conozca las características principales de la Red Comercial ATM que se está creando en Telefónica y del servicio que ésta soporta. Con esta meta se realizará una descripción de la Red Comercial ATM en cuanto a: su estructura de red, interfaces usados, elementos que la componen, etc. De los nodos de conmutación que se instalan se mencionarán sus capacidades, elementos que los integran, filosofía de funcionamiento y tipos de interfaces que soportan.

Al final de cada tema se incluyen una serie de ejercicios de comprobación tipo test y las soluciones a los mismos, de forma que el alumno pueda cerciorarse de si ha asimilado correctamente los conocimientos expuestos.

Los autores de este texto deseamos que sea de utilidad para aquellos que lo consulten y agradeceremos nos hagan llegar cualquier comentario que pueda mejorar tanto el contenido como la calidad del mismo.

ATM INGENIERÍA DE REDES

INDICE GENERAL

TEMA 1 INTRODUCCIÓN A LA RDSI-BA

1.1.- GENERALIDADES

1.2.- ¿QUE ES BANDA ANCHA?

1.3.- DEFINICION DE RDSI-BA

1.4.- EVOLUCION DE LAS REDES HACIA LA RDSI-BA

1.5.- ARQUITECTURA FUNCIONAL DE LA RDSI-BA

1.5.1.- Configuración de Referencia para la RDSI-BA

1.6.- SERVICIOS DE LA RDSI-BA

1.7.- EJERCICIOS DE COMPROBACIÓN

TEMA 2 INTRODUCCIÓN AL ATM

2.1.- CARACTERIZACIÓN DE LAS REDES

2.1.1.- Caracterización según la arquitectura

2.1.2.- Caracterización según la multiplexación

2.1.3.- Caracterización según el modo de conexión

2.2.- MODOS DE TRANSFERENCIA

2.2.1.- Síncrono o de conmutación de circuitos

2.2.2.- De paquetes

2.2.3.- Asíncrono

2.3.- EL NÚCLEO DEL ATM: CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO

2.3.1.- Orientado a conexión

2.3.2.- Campo de información de longitud fija y pequeña

2.3.3.- Encabezamiento con prestaciones reducidas

2.4.- EL MODELO DE REFERENCIA DE PROTOCOLO

2.4.1.- El modelo OSI

2.4.2.- El PRM de la RDSI-BA

2.5.- EJERCICIOS DE COMPROBACIÓN

TEMA 3 MODELO DE CAPAS: CAPA FÍSICA

3.1.-LA CAPA FÍSICA: GENERALIDADES

3.2.-FUNCIONES DE LA CAPA FÍSICA

2.2.1.-Funciones de la Subcapa de Medio Físico

2.2.2.-Funciones de la Subcapa de Convergencia de Transmisión

3.3.-INTRODUCCION A LA JERARQUIA DIGITAL SINCRONA (JDS)

3.3.1.-Conceptos Básicos

3.3.2.-Terminología y Definiciones

3.3.3.-Principios Básicos de Multiplexación

3.3.4.-Estructura de Trama Básica

3.3.5.-Estructura de Trama STM-N

3.3.6.-Taras: Descripción y Funcionalidad

3.3.7.Punteros: Descripción y Funcionalidad

3.4.-CELULAS ATM EN LA JERARQUIA DIGITAL SINCRONA

3.4.1.-Correspondencia en un Vc-4/Vc-3

3.4.2.-Correspondencia en un Vc-2

3.5.-CELULAS ATM EN LA JERARQUIA DIGITAL PLESIOCRONA

3.5.1.-Correspondencia de Células ATM a 2048 Kbit/s

3.5.2.-Correspondencia de Células ATM a 3468 Kbit/s

3.5.3.-Correspondencia de Células ATM a 139264 Kbit/s

3.6.- EJERCICIOS DE COMPROBACIÓN

TEMA 4 MODELO DE CAPAS: CAPA ATM

4.1.-LA CAPA ATM. GENERALIDADES

4.2.-FUNCIONES DE LA CAPA ATM.

4.2.1.- Generación/Extracción del Encabezamiento de Célula.

4.2.2.- Multiplexación/Demultiplexación de Células.

4.2.3.- Traducción de los Identificadores de Conexión.

4.2.4.-Control Genérico de Flujo.

4.3.- FORMATO DE CELULA.

4.3.1.- Formato de Encabezamiento UNI

4.3.2.- Formato de Encabezamiento NNI.

4.4.- CONEXIONES DE CAPA ATM.

4.4.1.- Identificadores de Conexión (VPI/VCI).

4.5.- EJERCICIOS DE COMPROBACIÓN

TEMA 5 MODELO DE CAPAS: CAPA AAL

5.1.- LA CAPA DE ADAPTACIÓN ATM

5.1.1.- Subcapas de la AAL

5.1.2.- Clases de Servicios AAL

5.2.- AAL1

5.2.1.- Servicio de capa AAL1

5.2.2.- Subcapa SAR de AAL1

5.2.3.- Subcapa CS de AAL1

5.3.- AAL2

5.4.- AAL 3 / 4

5.4.1.- Servicio de capa AAL 3 / 4

5.4.2.- Subcapa SAR de AAL 3 / 4

5.4.3.- Subcapa CS de AAL 3 / 4

5.5.- AAL 5

5.5.1.- Servicio de capa AAL 5

5.5.2.- Subcapa SAR de AAL 5

5.5.3.- Subcapa CS de AAL 5

5.6.- EJERCICIOS DE COMPROBACIÓN

TEMA 6 OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

6.1.-PRINCIPIOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO EN LA RDSI-BA.

6.2.- ESTRUCTURACION EN CAPAS DE LAS FUNCIONES OAM.

6.2.1.- Flujos OAM-Capa Física

6.2.2.- Flujos OAM-Capa ATM.

6.3.- FUNCIONES OAM.

6.3.1.- Definición de señales de mantenimiento.

6.3.2.- Funciones OAM de la Capa Física.

6.3.3.- Funciones OAM de la Capa ATM.

6.4.- FORMATO DE LAS CELULAS OAM DE LA CAPA ATM.

6.5.- EJERCICIOS DE COMPROBACIÓN

TEMA 7 GESTIÓN DE TRÁFICO

7.1.- CALIDAD DE SERVICIO

7.1.1.- Conceptos y definiciones

7.1.2.- Calidad de transferencia de información

7.1.3.- Calidad de procesamiento de la conexión

7.1.4.- Calidad de comunicaciones no orientadas a conexión

7.1.5.- Calidad de capa física

7.2.- CARACTERIZACIÓN DE TRÁFICO: EL CONTRATO DE TRÁFICO

7.2.1.- Definiciones

7.2.2.- Especificaciones de parámetros de tráfico

7.2.3.- Capacidades de transferencia ATM

7.3.- CONTROL DE TRÁFICO Y CONTROL DE CONGESTIÓN

7.3.1.- Funciones de control de tráfico

7.3.2.- Funciones de control de congestión

7.4.- GCRA para PCR.

7.4.1.- Virtual Scheduling Algorithm

7.4.2.- Continuous State Leaky Bucket Algorithm

7.5.- EJERCICIOS DE COMPROBACIÓN

TEMA 8 RED COMERCIAL ATM

8.1.- ANTECEDENTES HISTÓRICOS

8.1.1.- Proyecto ISABEL

8.1.2.- Programa RACE

8.1.3.- Programa BIPED

8.1.4.- Proyecto RECIBA

8.2.- RED PILOTO EUROPEA BASADA EN ATM

8.3.- RED COMERCIAL ATM DE TELEFÓNICA

8.4.- NODO DE TRÁNSITO AXC-2000

8.4.1.- Nodo de servicio SN

8.4.2.- Módulo de gestión SMM

8.5.- DESCRIPCIÓN GENERAL DEL NODO DE ACCESO APEX-NPX

8.5.1.- Descripción básica

8.5.2.- Descripción del hardware

8.5.3.- Arquitectura del software

8.6.- SERVICIO GIGACOM

8.6.1.- Sistema de gestión y explotación de GIGACOM

8.7.- EJERCICIOS DE COMPROBACIÓN

TEMA 9 SEÑALIZACIÓN

9.1.- CONCEPTOS DE SEÑALIZACIÓN PARA RDSI-BA

9.1.1.- Conexión vs. Llamada

9.1.2.- Arquitectura de protocolos: Modelo Monolítico vs. Separado

9.1.3.- Requisitos de señalización para RDSI-BA

9.1.4.- SAAL

9.1.5.- La señalización del ATM Forum

9.1.6.- Direccionamiento

9.2.- RELEASE 1, CAPABILITY SET 1

9.2.1.- Arquitectura de protocolos

9.2.2.- Descripción de CS1 para UNI

9.2.3.- Descripción de CS1 para NNI

9.3.- RELEASE 2, CAPABILITY SET 2

9.3.1.- Arquitectura de protocolos

9.3.2.- Descripción de CS2 para UNI

9.3.3.- Descripción de CS2 para NNI

9.4.- EJERCICIOS DE COMPROBACIÓN

GLOSARIO

TEMA 1

INTRODUCCIÓN A LA RDSI-BA

INTRODUCCIÓN

Este capítulo tiene como objetivo proporcionar una introducción a los fundamentos básicos de la Red Digital de Servicios Integrados de Banda Ancha (RDSI-BA), considerando que esta red tiene la suficiente flexibilidad y calidad para poder constituir la solución de Red única para transferir todo tipo de informaciones (voz, vídeo y datos).

Se analizará el modelo de referencia que se usa en RDSI-BA, basado en el de RDSI-BE.

Se establecerán diferentes clasificaciones de los servicios de banda ancha, atendiendo a diversos criterios.

ESQUEMA DE CONTENIDO

1.1.- GENERALIDADES

1.2.- ¿QUE ES BANDA ANCHA?

1.3.- DEFINICION DE RDSI-BA

1.4.- EVOLUCION DE LAS REDES HACIA LA RDSI-BA

1.5.- ARQUITECTURA FUNCIONAL DE LA RDSI-BA

1.5.1.- Configuración de Referencia para la RDSI-BA

1.6.- SERVICIOS DE LA RDSI-BA

1.7.- EJERCICIOS DE COMPROBACIÓN

1.1. GENERALIDADES.

En la segunda mitad de la década de los 80 la Red Digital Integrada (RDI) se constituyó en la base fundamental para el soporte del despliegue de la Red Digital de Servicios Integrados de Banda Estrecha (RDSI-BE) con capacidad para soportar comunicaciones y servicios de forma integrada y totalmente digitalizada, incluyendo el bucle de abonado (comunicaciones digitales extremo a extremo entre terminales de usuario). Además el concepto “integrado” que conlleva la RDSI-BE indica la capacidad de esta red de ofrecer al cliente, mediante una única interfaz, acceso a la multiplicidad de servicios ofrecidos por la propia RDSI-BE o por otras redes especializadas con las que exista interfuncionamiento, haciendo posible también el mantenimiento de varias comunicaciones simultáneas sobre la misma línea de acceso RDSI-BE.

La necesidad inminente de soportar además servicios de telecomunicación a velocidades superiores a 2 Mbit/s (los denominados servicios de banda ancha), junto a la oportunidad que para ello brindan las nuevas tecnologías emergentes, han sugerido la idea a los organismos internacionales de desarrollar el estudio de una red de banda ancha, inspirada en la idea integradora de la RDSI-BE pero con **capacidad de soportar las comunicaciones con requerimientos mayores de ancho de banda**, dando lugar al concepto que nos ocupa de Red Digital de Servicios Integrados de Banda Ancha (RDSI-BA).

Mientras que la RDSI-BE, como evolución de la RDI, significó fundamentalmente una evolución tecnológica en la transmisión digital sobre el par de cobre del bucle de abonado (nivel de acceso) y en la incorporación de técnicas de señalización por canal común en las interfaces de cliente, la RDSI-BA requiere una evolución tecnológica mucho más amplia en toda la red: nuevos medios de transmisión como la fibra óptica, nuevos sistemas de transmisión como la JDS, nuevas capacidades de señalización, nuevos equipos de conmutación y por supuesto nuevos terminales. **Por tanto no puede decirse que desde el punto tecnológico la RDSI-BA sea una evolución natural de la RDSI-BE como lo demuestra el despliegue inicial con una red paralela.**

1.2. ¿QUÉ ES BANDA ANCHA?

El concepto de Banda Ancha es uno de los más mencionados cuando se aborda el tema del futuro de las telecomunicaciones, pero antes de empezar a hablar de los servicios,

Factores que conducen hacia la Banda Ancha en Redes Públicas

TÉCNICAS

- Uso de Fibra Óptica en bucle y red
- Transmisión SDH
- Tecnología de semiconductores para alta velocidad de conmutación
- ATM para fuentes con diversos requerimientos
- Conmutación Óptica

SERVICIOS

- Estaciones de trabajo multimedia
- Transmisión datos alta velocidad
- CAD/CAM
- Imágenes médicas
- Fax color
- Videotelefonía
- Distribución de vídeo y HI/FI
- Interconexión LAN
- VoD

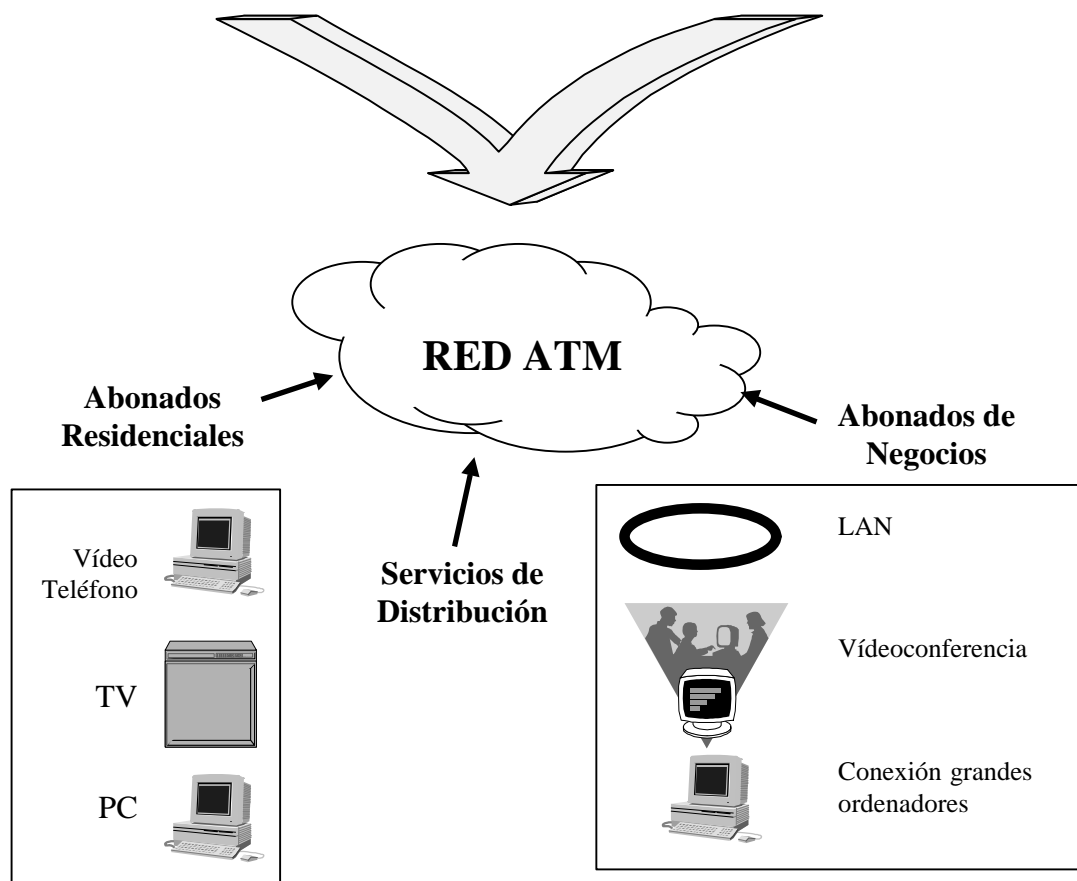


Figura 1.1. Factores que conducen hacia la RDSI-BA en Redes Públicas.

la técnica en la que se soporta y diversos aspectos relacionados con la misma, es necesario definir el término.

La distinción entre señales de Banda Estrecha, Banda Ampliada y Banda Ancha se hace en función de las diversas velocidades de transmisión en bits por segundo, tal y como se representa en la figura 1.2.

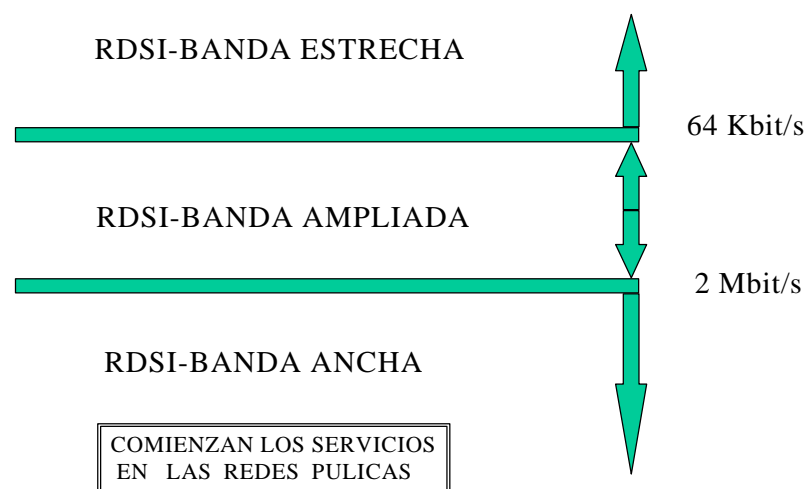


Figura 1.2. Clasificación de las redes en función de la velocidad.

- La **Banda Estrecha** está basada en la utilización de conexiones digitales a 64 kbit/s, siendo por tanto capaz de soportar todos aquellos servicios de telecomunicación que requieran velocidades de transferencia de información de 64 kbit/s o inferiores, tal y como tenemos actualmente en la RDI que permite voz (4 KHz) y datos vía modem (llegándose incluso hasta los 28.800 bit/s) y la RDSI que permite capacidades de transporte de 64 Kbit/s.
- La **Banda Ampliada** comprende las velocidades comprendidas entre 64 Kbit/s y 2 Mbit/s (como ejemplo los terminales que usan los dos canales B de 64 Kbit/s del acceso básico para transmitir imágenes estáticas o vídeo lento). La inclusión de nuevas funciones en las centrales digitales de conmutación permitirá además la realización de conexiones de $n \times 64$ kbit/s ($n < 30$) conservando la secuencia de los bits para crear canales y establecer conexiones de hasta 1920 kbit/s. Esta velocidad constituye un límite práctico que coincide

con la velocidad útil del primer nivel (2048 kbit/s) de la jerarquía digital plesiócrona (JDP).

- En este contexto, **Banda Ancha** se refiere al ofrecimiento al usuario de servicios con un ancho de banda de al menos 2 Mbit/s, susceptible de ser utilizado como un único canal, e incluyendo la necesaria señalización o algún otro grado de control directo por el usuario.

Así ha aparecido el concepto de “servicios de banda ancha” que tiende a englobar todos aquellos servicios que requieren capacidades de comunicación superiores a los 2Mbit/s.

Antes de comenzar el tratamiento en detalle de los temas relacionados con la RDSI-BA es conveniente clarificar las características de los tres conceptos “redes de banda ancha”, “redes MTA” y “RDSI-BA”, cuya interrelación trata de reflejarse en la figura 1.3

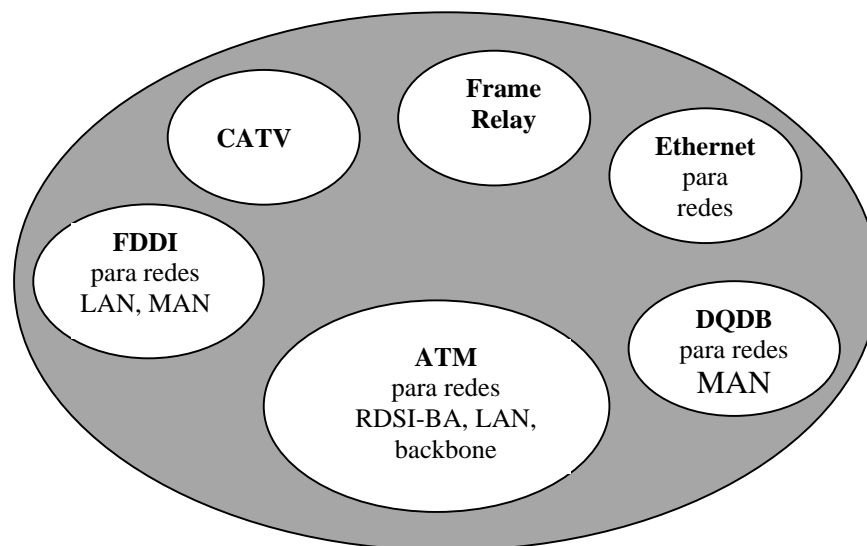


Figura 1.3. Redes de Banda Ancha, Redes MTA y RDSI-BA.

- **Redes de Banda Ancha:** El concepto se refiere a todas aquellas soluciones de red que ofrecen los medios necesarios para soportar los servicios de banda ancha. De acuerdo con esta definición, hace tiempo que existen redes de banda ancha de distinta naturaleza, basadas en tecnologías distintas, por ejemplo las redes de TV por cable para la prestación de servicios de vídeo, las redes de Bus Dual de Cola Distribuida (**DQDB**, *Distributed Queue Dual Bus*) para la prestación del servicio **SMDS** (*Switched Multimegabyte Data Service*) de datos sin conexión, redes **FDDI** (Interfaz de Datos con Fibra Distribuida *Fiber Distributed Data Interface*) para

servicios de datos, etc. La mayor parte de estas soluciones de red de banda ancha se caracterizan por estar basadas en una tecnología característica, hasta el punto que en ocasiones la referencia a la red y la referencia a la tecnología se utilizan indistintamente.

- **Redes ATM:** Entre las distintas tecnologías que han ido apareciendo para el soporte de redes de banda ancha (DQDB, FDDI, etc.) se encuentra la que denominamos ATM “modo de transferencia asíncrono” que dadas sus características técnicas (paquetización de todo tipo de información), es óptima para la creación de redes con capacidad para soportar todo tipo de servicios independientemente de su naturaleza (datos, imagen, voz, etc.) y de su velocidad. Así en base a esta tecnología se puede plantear el despliegue de redes, redes que pueden adoptar distintas arquitecturas y configuraciones y que de una forma genérica se denominan redes ATM.
- **Redes RDSI-BA:** Lo que caracteriza el concepto de RDSI-BA es su arquitectura de red normalizada y sus interfaces de acceso y de red también normalizados, así como las funcionalidades y servicios por ella soportados, incorporando la señalización y teniendo todo su sentido en el entorno de las redes públicas. Además, el ATM ha sido adoptado como el modo de transferencia de información para el soporte de la RDSI-BA, como red integradora de todo tipo de servicios, de modo que podemos decir que la RDSI-BA es una red ATM.

Atendiendo a la velocidad de transmisión podemos hablar de:

Banda

Estrecha: basada en la utilización de conexiones digitales a 64 kbit/s ***Banda***

Ampliada: con velocidades comprendidas entre 64 Kbit/s y 2 Mbit/s ***Banda***

Ancha: se refiere a servicios con velocidades de al menos 2 Mbit/s

1.3. DEFINICION DE RDSI-BA.

La RDSI-BA pretende satisfacer el objetivo de establecer una red universal de telecomunicaciones, suficientemente flexible e inteligente, que permita de una forma económica la provisión de todo tipo de servicios (voz, datos, imagen, etc.) superando las limitaciones propias del establecimiento de redes separadas especializadas en el soporte de cada uno de los servicios (RDI, RDSI-BE, RPCP, CATV, etc.). Ejemplos de estas

limitaciones que superaría la RDSI-BA son los relativos a las capacidades de ancho de banda soportables y a las técnicas de conmutación utilizadas (circuitos o paquetes).

Se puede definir la RDSI-BA como una red de transmisión de alta velocidad que transporta servicios de banda ancha y que se basa en el concepto de RDSI-BE.

Puesto que **la RDSI-BA está basada en todos los conceptos RDSI-BE**, tiene la misma configuración de referencia, como ya veremos, de los accesos a la red, estando definida su arquitectura en términos funcionales y, por tanto, independientes de la tecnología y la implementación. Se realiza una estructuración en capas que proporciona flexibilidad a la hora de poder utilizar diferentes sistemas de transmisión.

El Modo de Transferencia Asíncrono (ATM) es el que utiliza la RDSI-BA, y será estudiado a lo largo del curso.

Puede proporcionar conexiones punto a punto y punto a multipunto, que pueden ser conmutadas, semipermanentes o permanentes. Facilita, basados en la demanda, servicios reservados y servicios permanentes.

Las conexiones RDSI-BA pueden proporcionar tanto servicios en modo circuito como servicios en modo paquete, de tipo multimedia o tipo mono, pudiendo ser orientada a conexión o no orientada a conexión, en una configuración que puede ser unidireccional o bidireccional.

La RDSI-BA contendrá diferentes posibilidades, con el propósito de ofrecer características de servicio avanzadas, proporcionando herramientas poderosas para operación y mantenimiento, control de red y gestión de red.

La RDSI-BA es la solución de red única suficientemente flexible e inteligente que permitirá ofrecer a sus clientes la provisión de toda clase de servicios y aplicaciones de usuario (voz, datos, imagen, etc.) de forma integrada a través de una única interfaz de acceso, con una arquitectura y características normalizadas y que se basa en el uso de la técnica ATM.

Como solución de red única, se esperan de la RDSI-BA las siguientes ventajas:

- **Flexibilidad.**

- **Flexibilidad de la red de acceso:** una única interfaz de usuario que proporcionará multiconexión y multiservicio.
- **Flexibilidad ante nuevos servicios:** Los avances en los algoritmos de codificación y la tecnología de semiconductores, pueden reducir los requerimientos de ancho de banda en los servicios existentes. Pero el conjunto de requerimientos que introducirán los nuevos servicios, algunos de los cuales todavía son desconocidos, introducen la necesidad de una red lo bastante flexible para poder soportarlos sin cambios en la técnica empleada (ATM) y sin pérdida de eficiencia.
- **Asignación dinámica del ancho de banda:** Para el usuario significa la disponibilidad de tanto ancho de banda como necesite, donde y cuando lo requiera. La RDSI-BA debe ser capaz de proporcionar este ancho de banda bajo demanda. Sin embargo esta situación plantea al Operador de Redes ciertas cuestiones:
 - ¿Cuanto ancho de banda necesitarán realmente los usuarios?. ¿Como planificar la estructura para asegurar lo que van a pedir sin sobredimensionar la red?. ¿Como asegurar que los usuarios no están usando más ancho de banda del contratado?. ¿Como asegurar que se va a facturar al usuario por lo que está usando?.
- **Optimización del uso de los recursos de Red:** No existe especialización de recursos en RDSI-BA, es decir todos los disponibles en la Red puede ser usados por todos los servicios; por tanto, se consigue una compartición estadística que optimiza todos los recursos existentes.
- **Independencia de los medios físicos:** Como veremos posteriormente, la RDSI-BA se deberá poder implementar independientemente de los medios físicos utilizados (fibra, coaxial) utilizando incluso los medios de transmisión existentes.

- **Unificación y conectividad.**

- **Unificación de redes:** En la actualidad existen redes de circuitos, de paquetes, de distribución de TV por cable, etc. Se debe pensar en una red única y puesto que solo se necesitará diseñar, fabricar, controlar y mantener una red, debido a la economía de escala, todos los costes del sistema serán menores. Estas ventajas beneficiarán tanto a los usuarios como a los operadores de red y los fabricantes.
- **Interconectividad de equipamientos existentes:** Desde el punto de vista del usuario se debe ofrecer la interconectividad de las redes privadas actuales para proteger las inversiones ya realizada, junto con una política de precios ajustada. Para el operador de red, en el progreso hacia la RDSI-BA,

también se deberán rentabilizar las inversiones existentes en infraestructura de red, y gestionar la transición de manera evolutiva, permitiendo una creación gradual de nuevos servicios que a su vez generen nuevos ingresos.

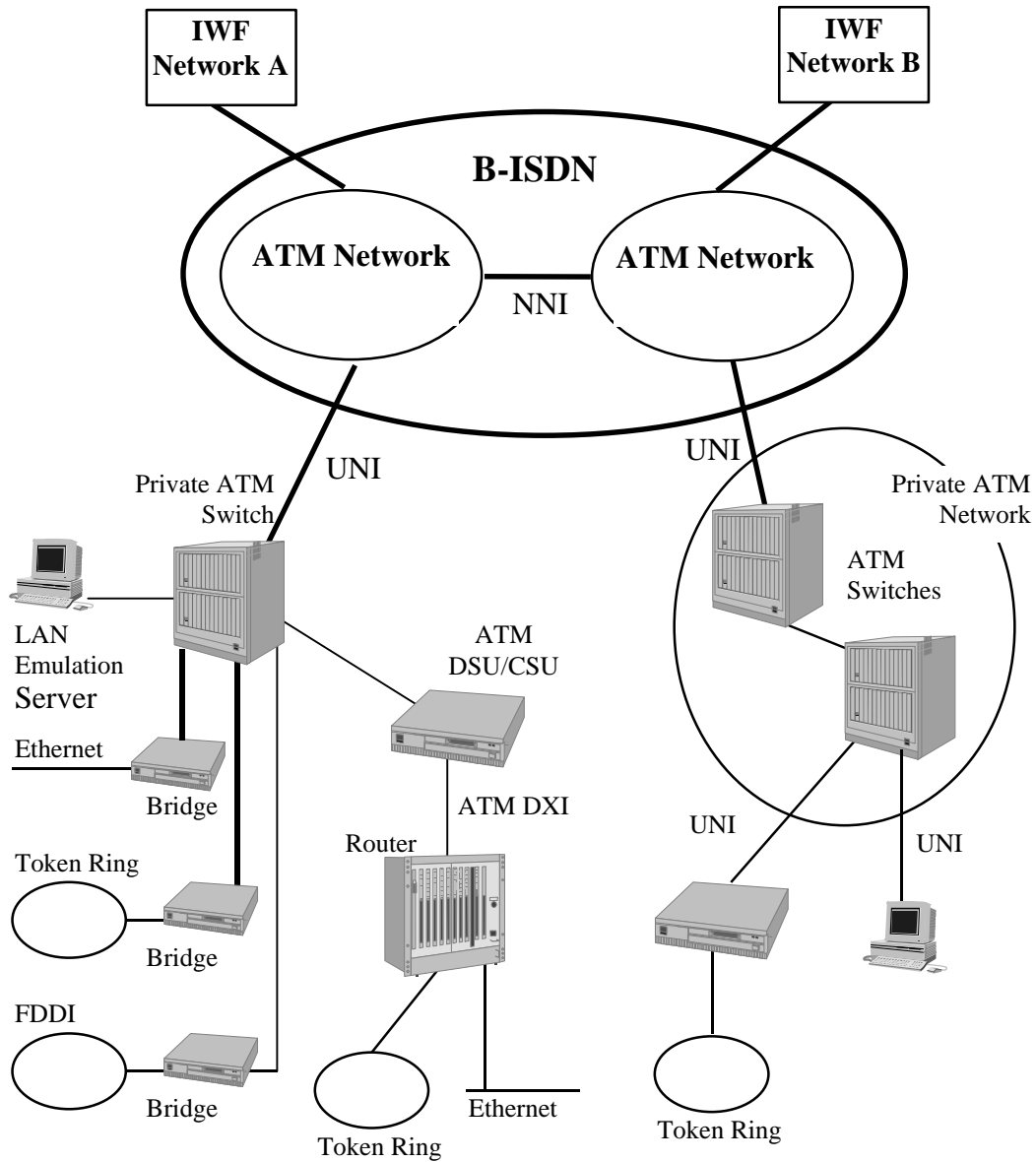


Figura 1.4. Ejemplo de conectividad de equipamiento de usuarios.

- **Calidad.**

Se puede definir la calidad de servicio como el efecto colectivo sobre las prestaciones de un servicio que determina el grado de satisfacción de un usuario en cuanto al servicio específico.

Los parámetros de calidad de servicio serán negociados entre el usuario y el proveedor de red en el establecimiento de la llamada. Los términos del acuerdo deben ser respetados, penalizándose en caso contrario. Para conseguir la calidad de servicio deseada hay que definir qué debería medirse y cómo, se verá mas detalladamente en capítulos posteriores, pudiéndose establecerse dos niveles:

- Nivel de control de la llamada (retardo de establecimiento de la conexión, retardo de la liberación de la conexión, probabilidad de aceptar la conexión)
- Nivel de rendimiento de la red (nivel de transmisión y nivel de conmutación)

Además de estos parámetros, hay otros factores que hay que tener en cuenta para ofrecer buena calidad (control de admisión de llamadas, control de congestión, flujos de mantenimiento, reenrutamientos, etc.).

1.4. EVOLUCION DE LAS REDES HACIA LA RDSI-BA.

La implantación de la RDSI-BA será un proceso evolutivo, atravesando una serie de etapas en el tiempo. **La primera fase estará destinada a satisfacer las necesidades a corto plazo de las empresas en cuanto a transmisión de datos a alta velocidad.** Los accesos de los clientes a esta red serán a 155 Mbit/s (ya en JDS), a 34 Mbit/s ó a 2 Mbit/s en algunos casos. Ya en esta primera etapa se puede contemplar el uso de la tecnología ATM, propia de la RDSI-BA, como medio de transporte y conmutación .

Una segunda fase consistiría en la incorporación de facilidades de conmutación dinámica de llamadas, señalización, en los Nodos ATM ya instalados, transformando los elementos de red en un potente medio para proveer servicios a los usuarios.

En la última etapa se cumpliría la visión de la RDSI-BA como una red universal para todos los usuarios. La red de banda ancha se emplearía para suministrar servicios de distribución de señales de televisión de alta definición a los usuarios residenciales. Esto significará el impulso definitivo para la instalación de nodos de conmutación de banda ancha a todos los niveles de la red, constituyendo de esta manera la infraestructura de la red del futuro.

Por tanto, las diferentes actividades que a corto plazo se están llevando a cabo en el campo de las comunicaciones de banda ancha, en su previsión de evolución futura deben tener en cuenta la necesidad de su convergencia con la RDSI-BA, lo que afectará a las implementaciones iniciales de la red ATM y a las soluciones específicas previstas para la provisión de servicios multimedia interactivos como es el caso del vídeo bajo demanda.

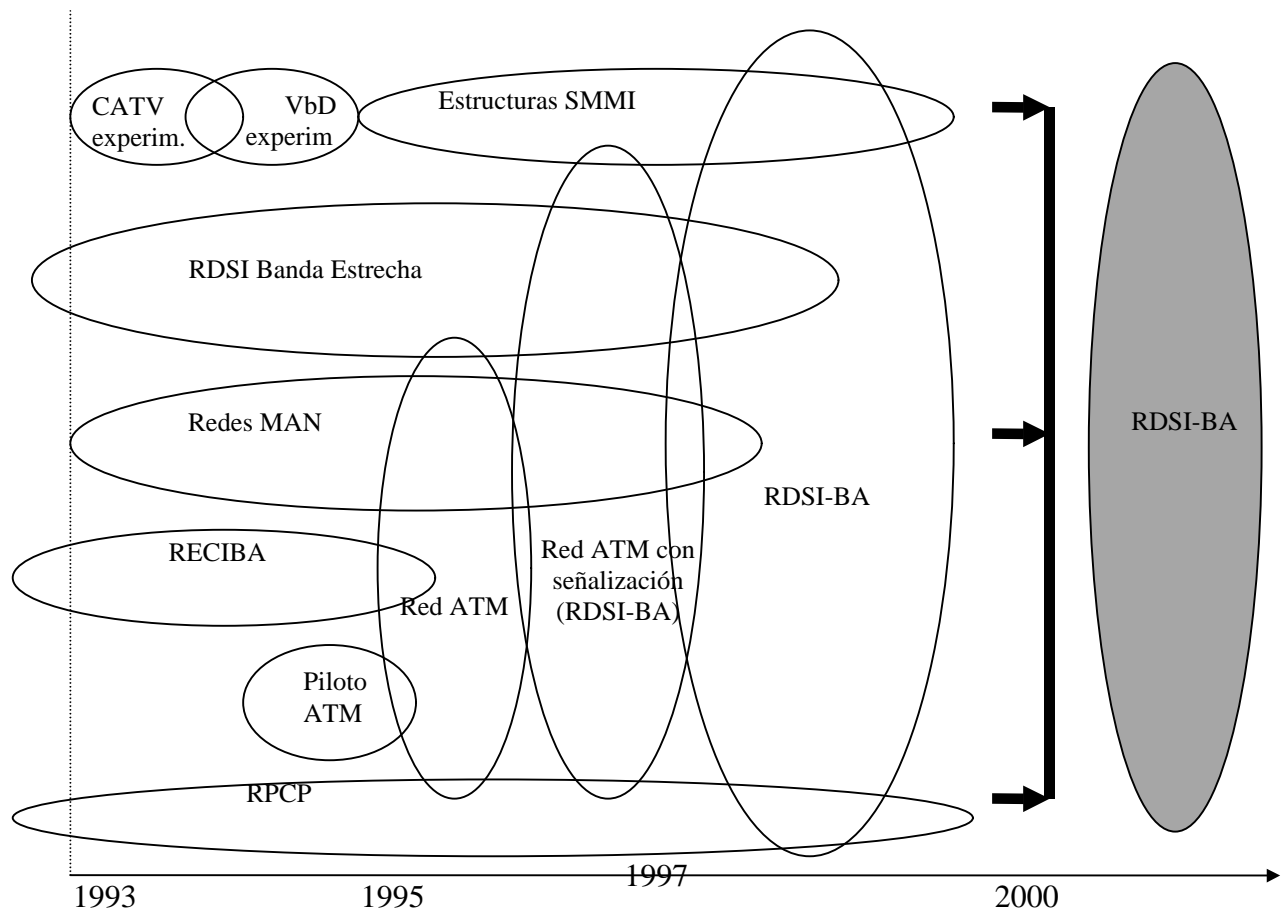


Figura 1.5. Cronograma de convergencia hacia la RDSI-BA.

En el proceso de implantación de la RDSI-BA, inicialmente se cubrirán las necesidades de transmisión de datos de alta velocidad, después se incorporarán diferentes servicios y la señalización, llegando por último a constituirse como la red universal para proporcionar toda clase de servicios.

1.5. ARQUITECTURA FUNCIONAL DE LA RDSI-BA.

La RDSI-BA está basada en los conceptos generales de la RDSI-BE. En el diagrama de la figura 1.6 se muestra la arquitectura general de la RDSI-BA, que como puede observarse es una estructura de red pública semejante a la de la RDSI-BE, aunque sus características y tecnologías son muy diferentes como ya hemos comentado anteriormente.

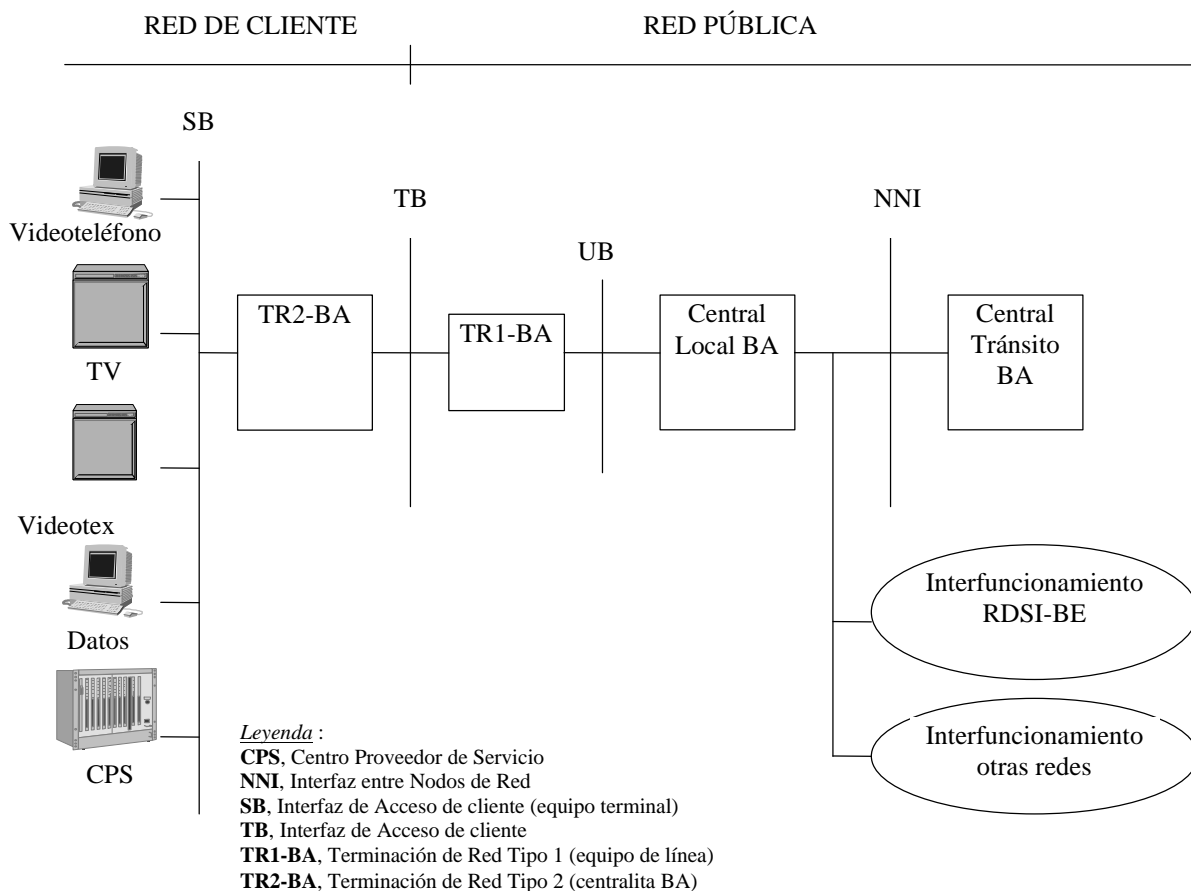


Figura 1.6. Arquitectura General de la RDSI-BA.

Los principales elementos que componen la RDSI-BA son los siguientes:

- **Accesos de usuarios:** que incluyen todos los elementos que permiten la conexión de los terminales de usuario a la red (su central local) a través de unas configuraciones de acceso e interfaces normalizadas. En el apartado 1.5.1 se describen las características de los accesos de usuario en la RDSI-BA.

- **Centrales locales:** sistemas de conmutación que permiten la conexión de los accesos de usuario a la RDSI-BA y facilitan la interconexión con la red de tránsito.
- **Red de tránsito:** que interconecta las centrales locales entre sí o las centrales con los nodos especializados (por ejemplo, servidores de datos sin conexión). La red de tránsito estará constituida por:
 - Sistemas digitales de transmisión.
 - Centrales de tránsito de conmutación.
 - Sistema de señalización por canal común soportado sobre una estructura propia para configurar la red de señalización por canal común.
- **Nodos especializados de diversos tipos:** que desempeñarán una función específica en la red, utilizable por los usuarios o por la propia red. Entre estos nodos podemos citar:
 - Servidores de datos sin conexión, para el soporte de este tipo de servicios en la RDSI-BA
 - Centros de operación, gestión y explotación de la red, respondiendo a la estructura genérica normalizada TMN (Red de Gestión de las Telecomunicaciones)
- **Unidades de interfuncionamiento:** que físicamente pueden ser autónomas o integradas en las propias centrales de la red (locales o de tránsito), y que proveen los medios necesarios para permitir la interconexión de la RDSI-BA con otras redes preexistentes (por ejemplo, RDSI-BE y MAN). Es de reseñar el interfuncionamiento con la RDSI-BE para la generalización de los servicios propios de esta red.

1.5.1. Configuración de referencia para la RDSI-BA.

La configuración de referencia de una arquitectura de red es una división conceptual de las funciones que deben llevarse a cabo para transportar la información. Los elementos que aparecen son los puntos de referencia y las agrupaciones funcionales tal y como se refleja en la figura 1.7.

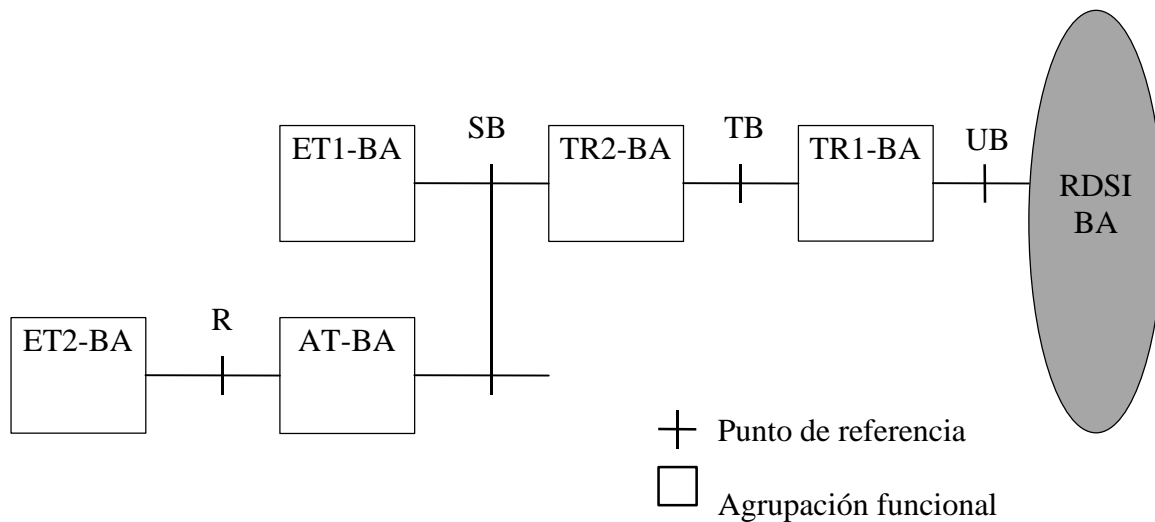


Figura 1.7. Configuración de referencia de la RDSI-BA.

- **Puntos de referencia** : Los puntos de referencia representan las separaciones entre agrupaciones funcionales distintas y pueden representar interfaces reales (físicas) o virtuales (internas a un equipo). Los puntos de referencia definidos para el acceso de usuario a la RDSI-BA son los siguientes:
 - **Punto de referencia R**, que representa las interfaces físicas de los equipos terminales de usuario existentes y por tanto no directamente conectables a la RDSI-BA.
 - **Punto de referencia SB**, que corresponde a la interfaz de conexión física de los equipos terminales de usuario a la RDSI-BA.
 - **Punto de referencia TB**, que representa la separación entre el equipo de transmisión de la línea digital del abonado y el conjunto de las instalaciones de usuario.
 - **Punto de referencia UB**, que representa a la propia línea de transmisión digital entre los locales del usuario y la central local.

Las interfaces SB y TB (puntos de referencia SB y TB) son denominadas como interfaces UNI (Interfaz usuario red), sus características técnicas y funcionales han sido normalizadas, y soportarán todos los servicios de RDSI-BA.

- **Agrupaciones funcionales** : Las agrupaciones funcionales representan un conjunto de funciones que se realizan de una manera agrupada y que normalmente corresponden a un equipo físico, aunque según los casos y realizaciones prácticas

puede corresponder con parte de un equipo o incluso englobar varios equipos físicos. En algunas implementaciones podrían no estar presentes todas las funciones características de la agrupación funcional. Las agrupaciones funcionales definidas para el acceso de usuario son las siguientes :

- **Equipo terminal tipo 1 para RDSI-BA (ET1-BA)**, que representa a los terminales de usuario que se pueden conectar directamente al punto de referencia SB (disponen de interfaz SB), debiendo realizar funciones de tratamiento de señalización, y en algunas configuraciones podría tener que realizar funciones de operación y mantenimiento.
- **Equipo terminal tipo 2**, que puede ser de banda ancha o no (ET2-BA o ET2), y son los equipos terminales de usuario, de banda ancha o de banda estrecha , que no pueden ser conectados directamente a la RDSI-BA (interfaz SB), y que en general han sido diseñados para su conexión a otros tipos de redes. Incorporan el punto de referencia R, y para su conexión a la RDSI-BA necesitan la utilización de un adaptador de terminal de banda ancha.
- **Adaptador de terminal de banda ancha (AT-BA)**, que son los equipos que permiten la conexión de los equipos ET2-BA o ET2 a la interfaz SB, realizando las funciones necesarias de adaptación entre la interfaz R y la interfaz SB (conversión de protocolos, adaptación de velocidad, etc.).
- **Terminación de red 2 para RDSI-BA (TR2-BA)**, que representa aquellos equipos que pueden realizar funciones de control en las instalaciones de usuario como son, tratamiento de la señalización de los terminales de ella dependientes (interfaz SB) y de la señalización hacia la red (interfaz TB), conmutación local para las llamadas internas y concentración de tráfico hacia la red. También puede realizar funciones de multiplexación y demultiplexación ATM, asignación de recursos y funciones de operación y mantenimiento.

En una instalación de usuario, la TR2-BA puede ser una centralita con capacidad para la conmutación local de VC, o una red de área local. En ciertas instalaciones podría no existir.

- **Terminación de red 1 para RDSI-BA (TR1-BA)**, que representa aquellos equipos que realizan esencialmente funciones correspondientes a la capa física, sirviendo de interfaz eléctrico u óptico con el bucle local del abonado. Termina la línea de transmisión que une con la central local de conmutación, proporcionando al usuario el acceso a red.

En general el TR1-BA representará el último eslabón de la red pública, delimitando el área de responsabilidad del operador de red y el usuario.

1.6. SERVICIOS DE LA RDSI-BA.

La RDSI-BA se presenta fundamentalmente como una red capaz de integrar, para ofrecérselos a sus clientes, todo tipo de servicios, es decir, tanto los servicios de banda estrecha propios de la RDSI-BE y banda ampliada (servicios que se soportan en capacidades portadoras de 64 Kbit/s hasta 2 Mbit/s) como los servicios que requieren una capacidad portadora superior a 2 Mbit/s.

En general, los nuevos servicios de banda ancha se encuentran en fase de estudio y definición, pero se pueden identificar como fundamentales tres tipos de servicios que habrán de ser considerados como prioritarios para facilitar una penetración adecuada de la nueva red entre potenciales usuarios. Estos tres tipos de servicios son:

- **Servicios de videocomunicación:** pretenden incorporar el medio vídeo en las comunicaciones conversacionales. Este tipo de servicios de aplicabilidad inmediata en el entorno de negocios también podrán tener en el futuro un impacto en el entorno residencial.
- **Servicios de transmisión de datos de alta velocidad:** pretenden aumentar las capacidades y modalidades de prestación de este tipo de comunicaciones y reducir los tiempos de las transferencias, incluyendo tanto los servicios orientados a la conexión (que precisan de la existencia de una conexión, física o virtual, que vincula a los clientes llamante y llamado) como los denominados servicios sin conexión. Este tipo de servicios será aplicable en el entorno de usuarios del sector de negocios.
- **Servicios de distribución de TV y programas musicales de alta fidelidad:** pretenden integrar en la red servicios hasta ahora ofertados mediante otros medios. Este es el tipo de servicios que podrían considerarse fundamentales en el entorno de usuarios residenciales (servicios de entretenimiento).

Sin embargo, el desarrollo de los servicios y aplicaciones de banda ancha, y por tanto de los futuros servicios en la RDSI-BA, en general tienden a ser definidos respondiendo al modelo más genérico de “**servicios multimedia**” donde existen diversos componentes en la misma comunicación (sonido, voz, imagen, texto, datos, etc.), convenientemente combinados para configurar el servicio final a prestar a los clientes.

1.6.1. Clasificación de los servicios de banda ancha.

Dadas las características de los servicios de banda ancha, para su tratamiento y estudio se establecen diferentes clasificaciones en base a diferentes criterios como los que se indican a continuación :

- Existencia o no de conexión en la red:

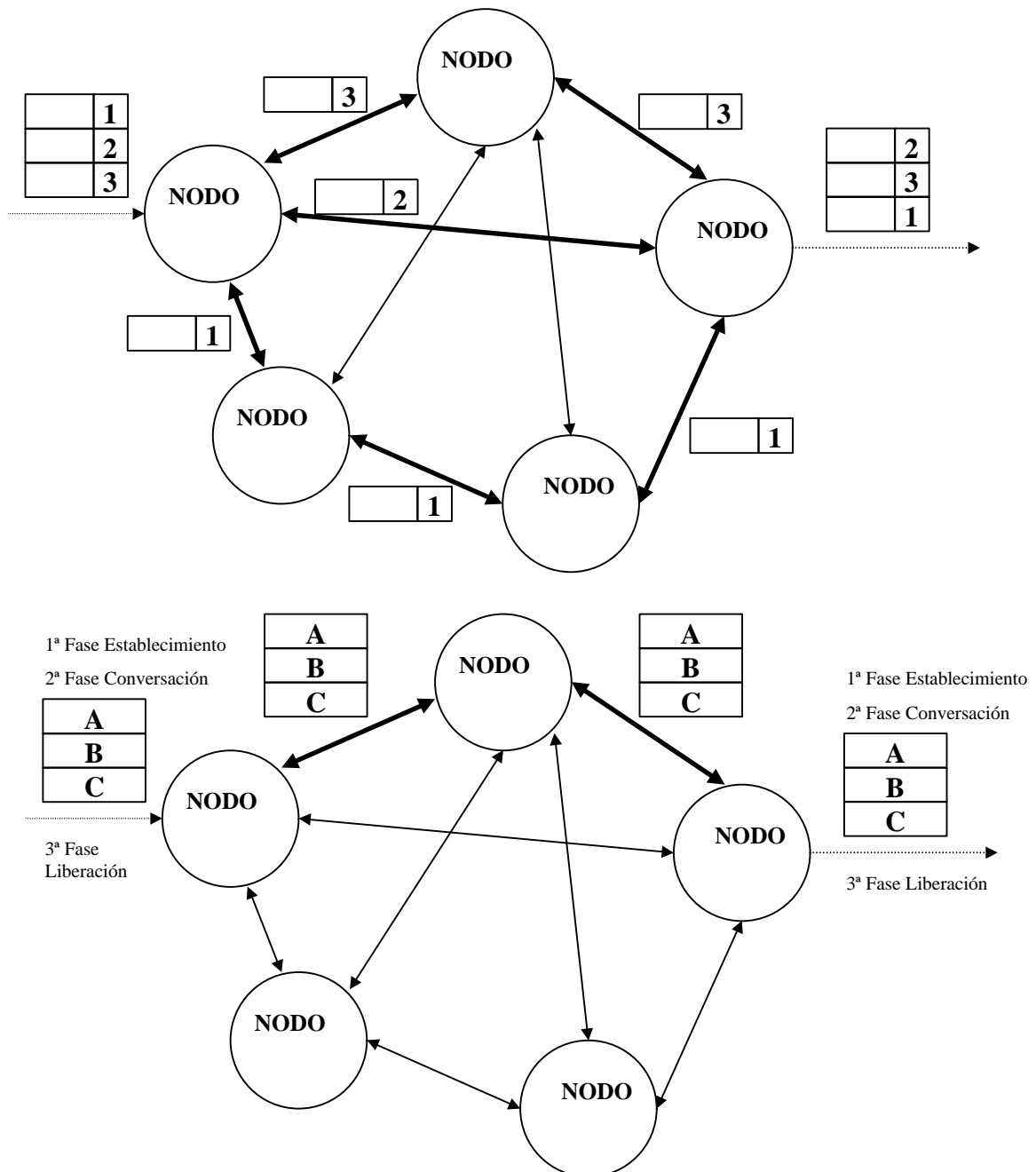


Figura 1.8. Servicios no orientados / orientados a la conexión.

- En los **servicios orientados a la conexión**, previamente a transferir información desde el terminal a la red se establece una fase de conexión (lógica/virtual) para que la red haga la reserva necesaria de recursos, después se pasa a la fase de transferencia de información, y cuando ésta acaba se procede a la fase de liberación de los recursos. Como ejemplos tenemos la telefonía de voz (circuito lógico) y el envío de paquetes a través de una red pública de paquetes (circuito virtual).
- En los **servicios no orientados a la conexión** no se pasa por estas fases. En la cabecera de cada unidad de datos figura toda la información necesaria para que pueda llegar a su destino final. Un ejemplo es el tráfico en una red de área local en la que el tráfico entre cada PC y el servidor no supone ninguna conexión realizándose mediante paquetes independientes, que tienen que compartir el medio físico y que marcan su destino mediante una dirección.
- **Requisitos de tráfico en la red** : Se puede hacer una clasificación en función del volumen y perfil del tráfico implicado en cada caso, así como de su tolerancia al retardo:
 - **Categoría de servicio de velocidad constante (CBR, Constant Bit Rate** según el ATM Forum y **DBR Deterministic Bit Rate** según la ITU): Esta categoría de servicio se prevé, en general, para aplicaciones en tiempo real, con importantes limitaciones en cuanto al retardo permitido y variaciones de este retardo (por ejemplo, aplicaciones de voz, sonido, y video en movimiento).

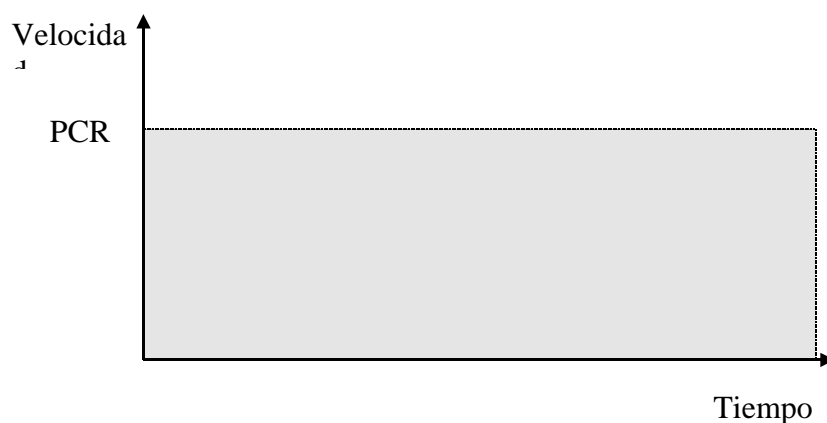


Figura 1.9. Categoría de servicio de velocidad constante (CBR).

- **Categoría de servicios de velocidad variable (VBR *Variable Bit Rate* según el ATM Forum y *SBR Statistical Bit Rate* según la ITU):** Esta categoría de servicio se prevé, en general, para aplicaciones donde las fuentes generan señales cuyo ancho de banda sufre importantes fluctuaciones. Los terminales pueden enviar tráfico hasta la velocidad de pico o máxima (PCR *Peak Cell Rate*) de forma que en media no se sobrepase la velocidad sostenida (SCR *Sustained Cell Rate*). Existen dos subclases: la que impone límite en el retardo (VBR en tiempo real) útil para aplicaciones que utilicen codecs de vídeo a velocidad variable, y la que no impone límite al retardo, pensada para aplicaciones como interconexión de LANs. El servicio VBR puede soportar la multiplexación estadística del tráfico generado por las fuentes.

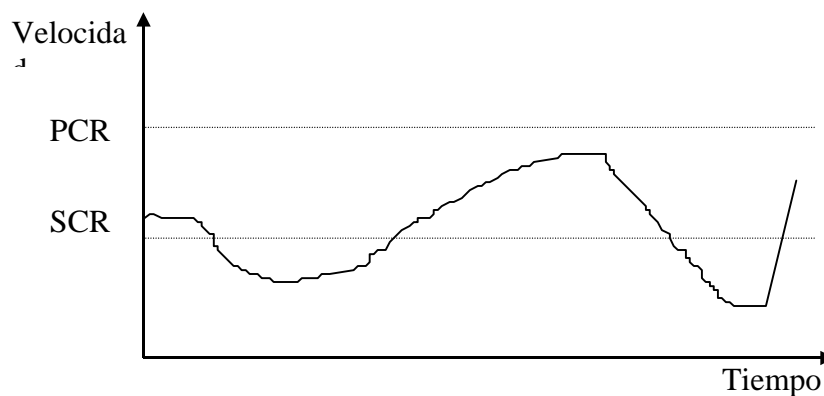


Figura 1.10. Categoría de servicios de velocidad variable (VBR).

- **Categoría de servicios de velocidad no definida (UBR, *Undefined Bit Rate* según el ATM Forum, y en fase de definición por la ITU) :** Esta categoría de servicio se prevé, en general, para aplicaciones tolerantes a los retardos de tráfico y con cierta tolerancia a la pérdida de información, donde las fuentes generan tráfico discontinuo a ráfagas. No se especifica el ancho de banda disponible por el usuario y no se garantiza ninguna calidad de servicio, la red descarta el tráfico que no puede cursar, sin que exista un mecanismo de control de flujo para evitarlo. El servicio UBR soporta un alto grado de multiplexación estadística del tráfico generado por las fuentes.

- **Categoría de servicios de velocidad disponible (ABR, Available Bit Rate** según el ATM Forum y la ITU): Esta clase de servicio se prevé, en general, para aplicaciones con cierta tolerancia a los retardos de tráfico pero poca a la pérdida de tráfico (por ejemplo interconexión de LANs). La velocidad a la que puede transmitir la fuente se negocia con la red mediante un mecanismo de control de flujo. A diferencia de UBR, se le asegura una capacidad mínima de tráfico a transmitir (MCR Minimum Cell Rate) y la red debe realizar un reparto justo y equitativo entre los clientes de los recursos disponibles para proporcionar anchos de banda superiores (ECR Explicit Cell Rate). El servicio ABR soporta un alto grado de multiplexación estadística del tráfico generado por las fuentes.

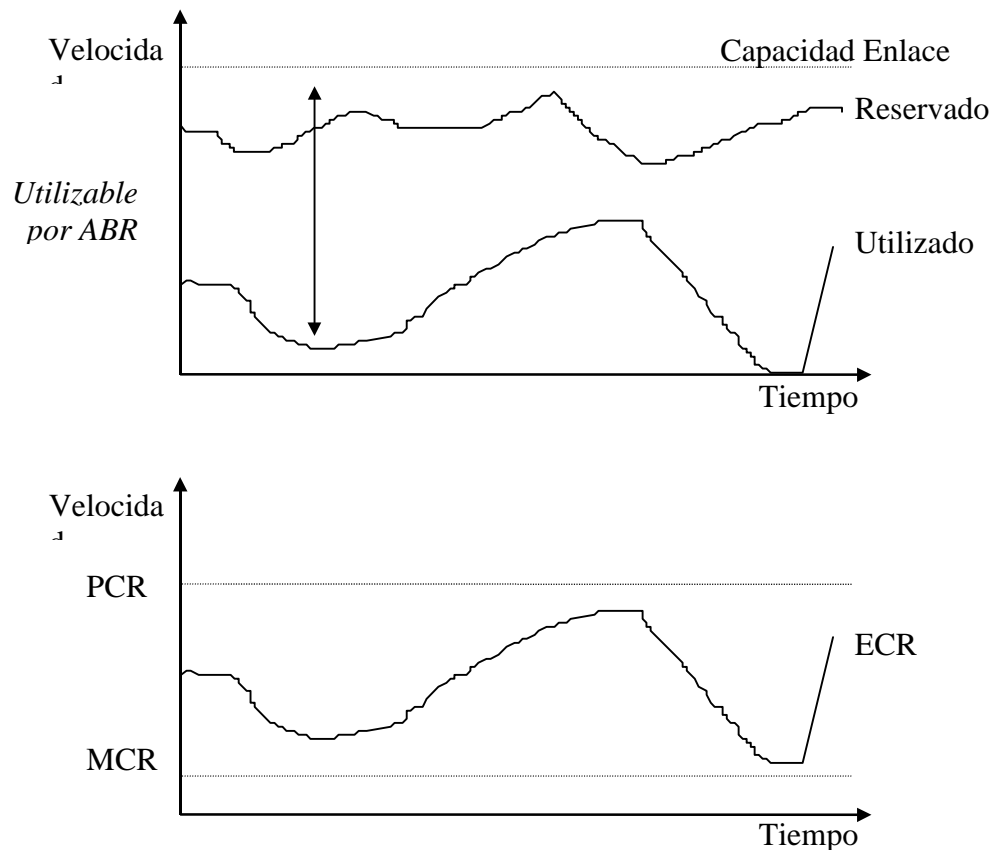


Figura 1.11. Categoría de servicios de velocidad disponible (ABR).

- También se habla de categoría ABT (ATM Block Transfer definida solo en la ITU), en la que se facilita una capacidad de negociación de picos por bloques de células.

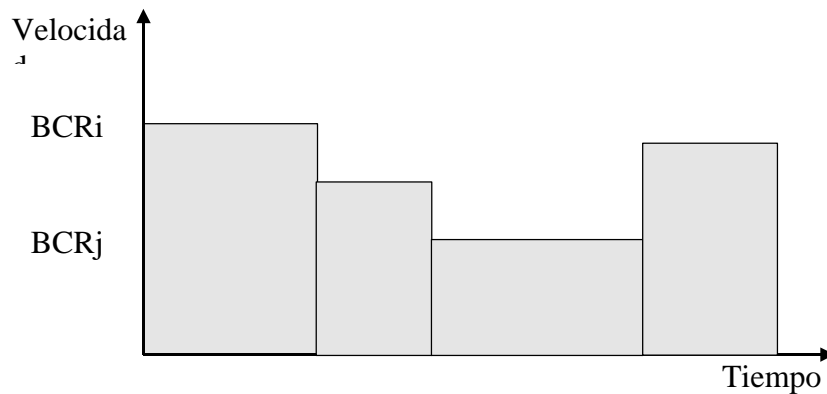


Figura 1.12. Categoría de Servicio ABT.

- **Tipos de funciones requeridas :** En base a las funciones requeridas tanto en la red como en los terminales y centros proveedores de servicios para el transporte de la información, surgen los conceptos de **servicios portadores, teleservicios y servicios suplementarios** de la misma forma que existen en la RDSI-BE.

Los servicios portadores ofrecen únicamente una capacidad de transporte de información (por ejemplo un servicio portador de 10 Mbit/s). Los teleservicios, además de la capacidad de transporte de la información ofrecen capacidad completa de comunicación usuario a usuario (por ejemplo el teleservicio videotex de banda ancha). Los servicios suplementarios, ofrecen unas capacidades y funciones adicionales que complementan las características de los servicios portadores y teleservicios (por ejemplo, el servicio suplementario de presentación/restricción de la identidad del usuario llamante).

En el tema de capa de adaptación se verán los servicios portadores que se han identificado hasta el momento.

- **Requisitos de la capa de adaptación :** Esta clasificación se realiza en función de si se precisa relación temporal o no entre origen y destino, velocidad constante o velocidad variable, y existencia de conexión o no, y se verá con detalle en el tema de la Capa de Adaptación, solamente mencionaremos aquí que existen **servicios de clase A, clase B, clase C y clase D**.
- **Grado de interacción del usuario con la red:** Este es el criterio más aceptado, o al menos más significativo desde el punto de las aplicaciones y servicios tal y

como los ve el cliente. Se dividen los servicios en dos grandes grupos interactivos y de distribución:

- **Servicios interactivos:** son aquellos que permiten un intercambio bilateral de información entre dos usuarios o entre un usuario y un centro proveedor de servicios. Estos servicios se pueden dividir a su vez en :

Servicios conversacionales: son aquellos servicios que proporcionan los medios para una comunicación bidireccional con transferencia de información en tiempo real (es decir, sin que intervengan unidades de almacenamiento y retransmisión) de extremo a extremo, entre dos usuarios o entre un usuario y un ordenador personal (por ejemplo, para tratamiento de datos). El flujo de información puede ser bidireccional simétrico o bidireccional asimétrico y, en ciertos casos concretos (por ejemplo, en la vigilancia por vídeo), unidireccional.. Como ejemplos tenemos la videotelefonía o videoconferencia y la transmisión de datos a alta velocidad.

Servicios de mensajería: Los servicios de mensajería ofrecen la comunicación de usuario a usuario entre usuarios individuales por medio de unidades de almacenamiento y retransmisión (no operan en tiempo real), de buzón electrónico y/o tratamiento de mensajes (por ejemplo, edición, tratamiento y conversión de información). Como ejemplos tenemos los servicios de tratamientos de mensajes y los servicios de correo electrónico para imágenes en movimiento (películas), imágenes de alta resolución e información audio.

Servicios de consulta: El usuario de los servicios de consulta puede consultar la información almacenada en centros de información para uso público. Esta información se enviará al usuario solamente si lo solicita. La información puede consultarse individualmente. Además, el usuario controla el instante en que debe comenzar una secuencia de información. Como ejemplos pueden mencionarse los servicios de consulta de banda ancha para películas, imágenes de alta resolución, información audio e información de archivos.

- **Servicios de distribución:** son aquellos en que la transferencia de información tiene lugar en un solo sentido, desde el proveedor del servicio a uno o varios de los usuarios de la RDSI-BA. Estos servicios en general representan aplicaciones en las que una máquina envía información a personas o a otras máquinas. Los servicios de distribución se pueden dividir a su vez en:

Servicios de distribución sin control de la presentación por el usuario: Estos servicios abarcan los servicios de difusión, y son aquellos en los que los centros de información ofrecen un flujo continuo a los clientes autorizados que lo deseen sin que ellos tengan el control sobre el comienzo y orden de presentación de la información. Como ejemplo se puede mencionar el servicio de distribución de TV.

Servicios de distribución con control de la presentación por el usuario: Los servicios de esta clase distribuyen también información desde una fuente

central a un gran número de usuarios. Sin embargo, la información se proporciona como una secuencia de entidades de información (por ejemplo, tramas) con repetición cíclica. Por tanto, el usuario puede tener acceso individual a la información distribuida controlando el instante de comienzo y el orden de presentación. Como ejemplo se puede mencionar el servicio de distribución de TV en la modalidad de “pagar por ver” y el vídeo bajo demanda.

CLASE DE SERVICIO	CLASE DE SERVICIO	TIPO DE INFORMACION	SERVICIOS Y APLICACIONES
INTERACTIVOS	CONVERSACIONALES	Imágenes en movimiento (video) y sonido	- Videotelefonía * Telecompra * Teleenseñanza * Telepublicidad - Videoconferencia * Telecompra * Teleenseñanza * Telepublicidad - Videovigilancia * Vigilancia de tráfico * Seguridad edificios - Servicio de transmisión video/audio * Transferencia de señales TV
		Sonido	- Señales radiofónicas múltiples
		Datos	- Transferencia de datos Alta Velocidad * Interconexión LANs o MANs * Interconexión supercomputadoras * CAD/CAM interactivo multipuesto * Transferencia de video e imágenes fijas * Transferencia de ficheros alta velocidad - Teleacción alta velocidad * Control en tiempo real * Telemida * Alarmas
		Documentos	- Telefax a alta velocidad * Imágenes médicas * Juegos remotos * Documentos multimedia
	MENSAJERIA	Imágenes en movimiento (video) y sonido	- Correo electrónico de imágenes
		Documentos	- Correo electrónico de documentos
	CONSULTA	Texto, datos, gráficos, sonidos, imágenes fijas,y en movimiento.	- Videotexcon imágenes móviles - Teleenseñanza - Telecompras - Telesoftware - Telepublicidad - Consulta de noticias - Acceso y extracción de imágenes de alta resolución o documentos multimedia.
DISTRIBUCION	SIN CONTROL DE LA PRESENTACION POR EL USUARIO	Video	- Distribución de TV * Calidad actual * Calidad ampliada * Calidad alta definición * TV de pago
		Texto, gráficos, imágenes, datos	- Periódico electrónico - Distribución señalesdatos,sudio.
	CON CONTROL DE LA PRESENTACION POR EL USUARIO	Texto, gráficos, sonidos, imágenes fijas	- Teleenseñanza - Consulta de noticias - Telesoftware

Tabla 1.1. Servicios de Banda Ancha.

TELESERVICIO	CLASE DE SERVICIO	VELOCIDAD DE TRANSFERENCIA		SIMETRIA	TIPO DE CONEX.
		MEDIA (O/D-D/O)	PICO (O/D-D/O)		
Telefonía	CBR	64K-64K	64K-64K	S	PT
Videotelefonía	VBR	2M-2M	10M-10M	S	PT
Videotex.con movim.	VBR	2M-5K	10M-64K	PA	PT
Video bajo demanda	VBR	10M-5K	34M-64K	PA	MC
Telefax	CBR	64K-64K	64K-64K	CA	PT
Videotex	VBR	50K-5K	64K-6.4K	PA	PT
Teletex	VBR	0.3K-3K	64K-64K	CA	PT
Facsimil color	CBR	2M-2M	2M-2M	CA	PT
Datos interactivos	VBR	5K-5K	64K-64K	S	PT
Transmisión fich. b.v	VBR	23K-23K	64K-64K	CA	PT
Transmisión fich. a.v.	CBR	2M-2M	2M-2M	CA	PT
CAD/CAM	VBR	2M-2M	10M-10M	CA	PT
TV	VBR	10M	34M	PA	BC
TVAD	VBR	70M	140M	PA	BC
Distribución Hi-fi	VBC	2M	2M	PA	BC

VBC: Velocidad binaria constante CA: Asimétrico por llamada BC: Difusión
 VBV: Velocidad binaria variable PA: Asimétrico permanente MC:Multidifusión
 CS: Componente de servicio S: Simétrico PT: Punto a punto

Tabla 1.2 Teleservicios de la RDSI-BA.

Resumen

La RDSI-BA está inspirada en el concepto integrador de la RDSI-BE, con una evolución tecnológica muy importante (F.O., JDS, ATM, etc.), y normalizada para soportar las comunicaciones con requerimientos mayores de ancho de banda.

Atendiendo a la velocidad de transmisión podemos hablar de:

Banda Estrecha: basada en la utilización de conexiones digitales a 64 kbit/s

Banda Ampliada: con velocidades comprendidas entre 64 Kbit/s y 2 Mbit/s

Banda Ancha: se refiere a servicios con velocidades de al menos 2 Mbit/s.

Como solución de red única de la RDSI-BA se espera Flexibilidad, unificación, conectividad y calidad.

La arquitectura de red, y la configuración de referencia de la RDSI-BA, se basan en los conceptos de la RDSI-BE. Es decir se habla de Puntos de referencia (R, SB, TB, UB), y de Agrupaciones funcionales (ET1-BA, ET2-BA, AT-BA, TR2-BA, TR1-BA).

Se puede hablar de servicios de banda ancha como aquellos que requieren capacidades portadoras superiores a los 2Mbit/s. En general tienden a ser definidos respondiendo al modelo más genérico de “servicios multimedia” donde existen diversos componentes en la misma comunicación (sonido, voz, imagen, texto, datos, etc.), convenientemente combinados para configurar el servicio final a prestar a los clientes.

Se pueden establecer diferentes clasificaciones de los servicios RDSI-BA en base a:

- Existencia o no de conexión en la red.
- Requisitos de tráfico en la red.
- Requisitos de la capa de adaptación.
- Grado de interacción del usuario con la red.

1.7. EJERCICIOS DE COMPROBACIÓN.

1.- El término *señales de banda ancha* hace referencia a señales con una velocidad de transmisión:

- a) Mayor de 64 kbps.
- b) Mayor de 1 Mbps.
- c) Mayor de 2 Mbps
- d) Entre 2 Mbps y 34 Mbps

2.- La RDSI-BSA se basa en tecnología:

- a) FDDI
- b) ATM
- c) SMDS
- d) CATV

3.- La RDSI-BA será una red especializada en:

- a) Voz
- b) Datos
- c) Imágenes
- d) No existe especialización, soportando todo tipo de servicios

4.- Las conexiones en la RDSI-BA podrán:

- a) Ser punto a multipunto
- b) Proporcionar servicios en modo circuito
- c) Proporcionar servicios en modo paquete
- d) Ofrecer cualquiera de las opciones anteriores

5.- La optimización de recursos en la RDSI-BA se basa en:

- a) Reserva de recursos por tipo de servicio
- b) Prioridad en la reserva de recursos por tipo de servicio
- c) Compartición estadística
- d) Ninguna de las anteriores

6.- En una conexión RDSI-BA los parámetros de calidad de servicio serán:

- a) Siempre los mismos
- b) Dependientes del tipo de acceso de usuario
- c) Dependiente del tipo de información que se transmita
- d) Serán negociados en el establecimiento de cada llamada

7.- La red ATM, en sus comienzos, está formada por:

- a) Centrales de RDSI-BE con interfaces específicos de BA
- b) Centrales de RPCP con interfaces específicos de BA
- c) Redes MAN interconectadas con interfaces específicos de BA
- d) Ninguna de las anteriores

8.- El punto de referencia TB corresponde a:

- a) Interfaces físicos de equipos terminales no directamente conectables a la RDSI-BA
- b) Interfaz de conexión física de los equipos terminales de usuario que se pueden conectar directamente a la RDSI-BA
- c) Separación entre el equipo de transmisión de la línea digital del abonado y el conjunto de instalaciones de usuario
- d) La línea de transmisión entre los locales del usuario y la central local

9.- En la categoría de servicio de VBR, el perfil de tráfico del usuario está caracterizado por los siguientes parámetros:

- a) PCR
- b) PCR y SCR

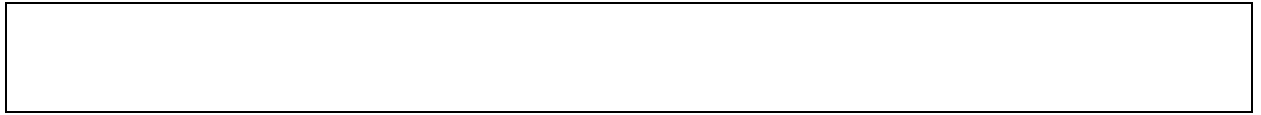
- c) PCR y MCR
- d) No se especifica ningún parámetro

10.- La videoconferencia es una aplicación ejemplo de un servicio:

- a) De distribución
- b) Interactivo de consulta
- c) Interactivo de Mensajería
- d) Interactivo conversacional

SOLUCIONARIO

1c, 2b, 3d, 4d, 5c, 6d, 7d, 8c, 9b, 10d



TEMA 2

INTRODUCCIÓN AL ATM

INTRODUCCIÓN

En este tema se realiza una descripción de ATM como técnica base para la futura RDSI-BA, desde la perspectiva de la evolución histórica de los modos de transferencia. Los requerimientos de los nuevos servicios, la utilización de los existentes de forma conjunta y las posibilidades tecnológicas hardware y software han hecho posible la aparición de los distintos modos de transferencia conocidos.

Se analizan por tanto las características genéricas de las redes de telecomunicación con relación a los servicios que soportan, los protocolos y modos de transferencia implementados hasta la fecha y las decisiones de diseño que llevaron al desarrollo del modo de transferencia asíncrono.

Con todo ello, se dispondrá al final del tema de una visión de por qué y cómo se ha llegado, desde las redes ya existentes, a la definición del ATM como soporte de transferencia de cualquier tipo de información digital de usuario.

ESQUEMA DE CONTENIDO

2.1.- CARACTERIZACIÓN DE LAS REDES

- 2.1.1.- Caracterización según la arquitectura*
- 2.1.2.- Caracterización según la multiplexación*
- 2.1.3.- Caracterización según el modo de conexión*

2.2.- MODOS DE TRANSFERENCIA

- 2.2.1.- Síncrono o de conmutación de circuitos*
- 2.2.2.- De paquetes*
- 2.2.3.- Asíncrono*

2.3.- EL NÚCLEO DEL ATM: CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO

- 2.3.1.- Orientado a conexión*
- 2.3.2.- Campo de información de longitud fija y pequeña*
- 2.3.3.- Encabezamiento con prestaciones reducidas*

2.4.- EL MODELO DE REFERENCIA DE PROTOCOLO

- 2.4.1.- El modelo OSI*
- 2.4.2.- El PRM de la RDSI-BA*

2.5.- EJERCICIOS DE COMPROBACIÓN

2.1. CARACTERIZACIÓN DE LAS REDES.

Una red de telecomunicación se puede definir conceptualmente como el conjunto formado por los medios, tanto públicos como privados, que conforman la plataforma física soporte para la compartición de recursos técnicos que facilitan servicios a los usuarios finales.

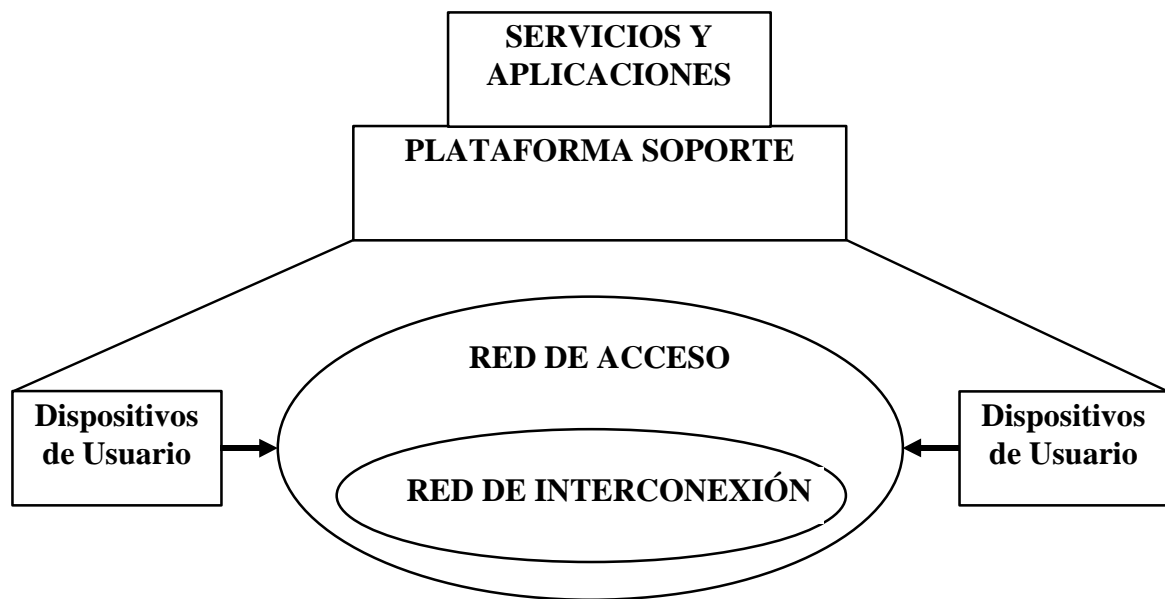


Figura 2.1. Modelo genérico de red de telecomunicación.

Se puede hacer una caracterización de las redes de telecomunicación atendiendo a las siguientes características:

- Arquitectura de red, es decir, de los recursos compartidos que la conforman
- Multiplexación requerida en el (los) medio(s) de transmisión utilizados
- Modo de Conexión para la utilización de los recursos

En los apartados siguientes se modelan los distintos tipos de redes en función de cada una de estas características.

2.1.1. Caracterización según la arquitectura.

Las redes se pueden caracterizar en función del número de medios de transmisión a los que están conectados los terminales de usuario (y los nodos de conmutación o encaminamiento, si se requieren) para formar la red. Según este criterio tenemos:

- **Redes de difusión:** utilizan sólo un medio de transmisión físico, que ha de ser compartido de forma eficiente por los integrantes de la red. Los ejemplos de este tipo de redes comprenden desde las redes de distribución de radio y TV (unidireccionales o simplex) hasta las redes de ordenadores de ámbito local LAN y MAN.

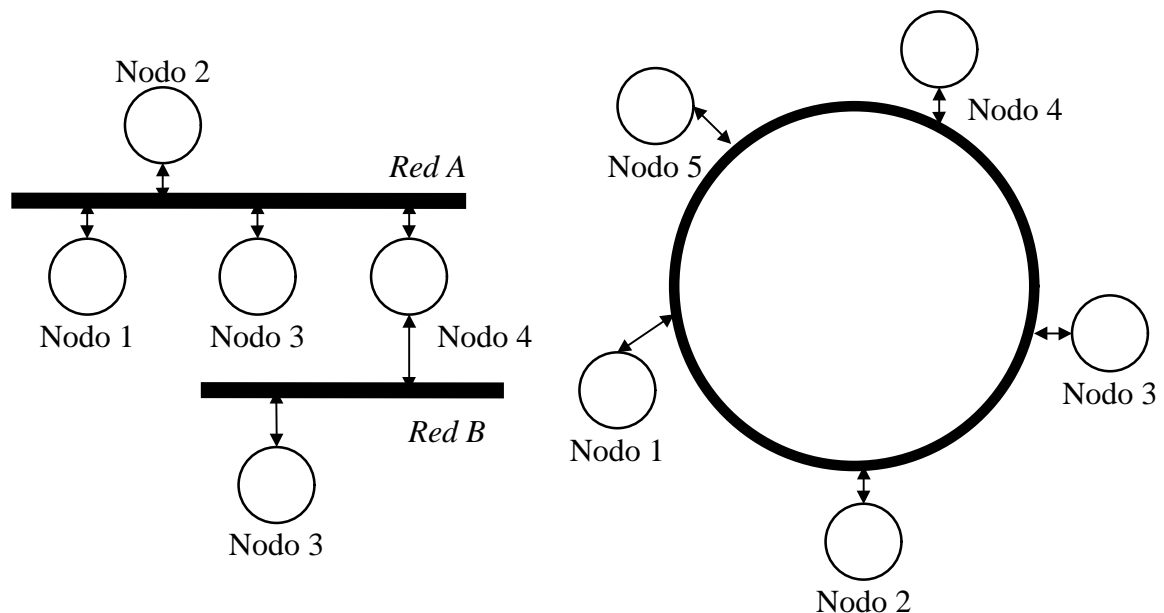


Figura 2.2. Redes de difusión en bus (izquierda) y anillo (derecha).

- **Redes de conmutación:** utilizan más de un medio de transmisión físico para interconectar a los usuarios y nodos. En este caso han de proveerse los medios para que las distintas comunicaciones a establecer encuentren el camino de conexión adecuado para alcanzar un receptor desde el transmisor. Ejemplos de estas redes son la red telefónica básica, RDI, RDSI-BE, IBERPAC, etc.

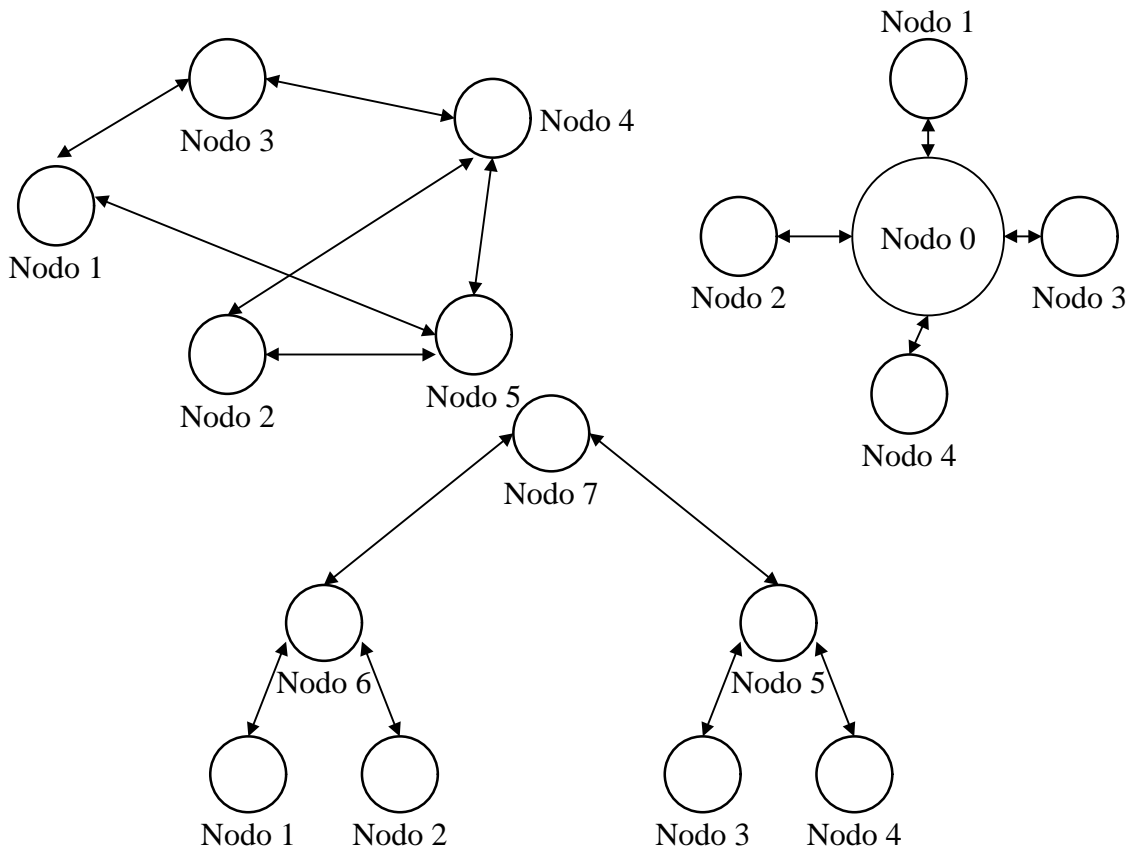


Figura 2.3. Redes de conmutación.

- **Redes híbridas o conjuntas** de los dos anteriores.

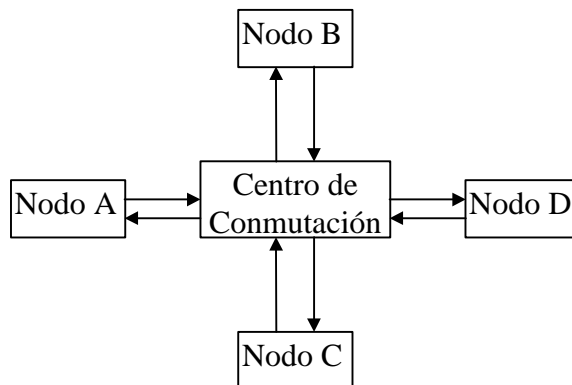


Figura 2.4. Red Híbrida (estructura de transmisión física por anillo y además conmuta paquetes).

Históricamente, la conmutación se ha llevado a cabo en base a los medios técnicos de los que se ha dispuesto, desde la conmutación electromecánica, pasando por la eléctrica y la óptica en desarrollo hoy en día. En la figura siguiente se muestra un esquema de estos tipos de conmutación, que desembocan en la denominada conmutación asíncrona.

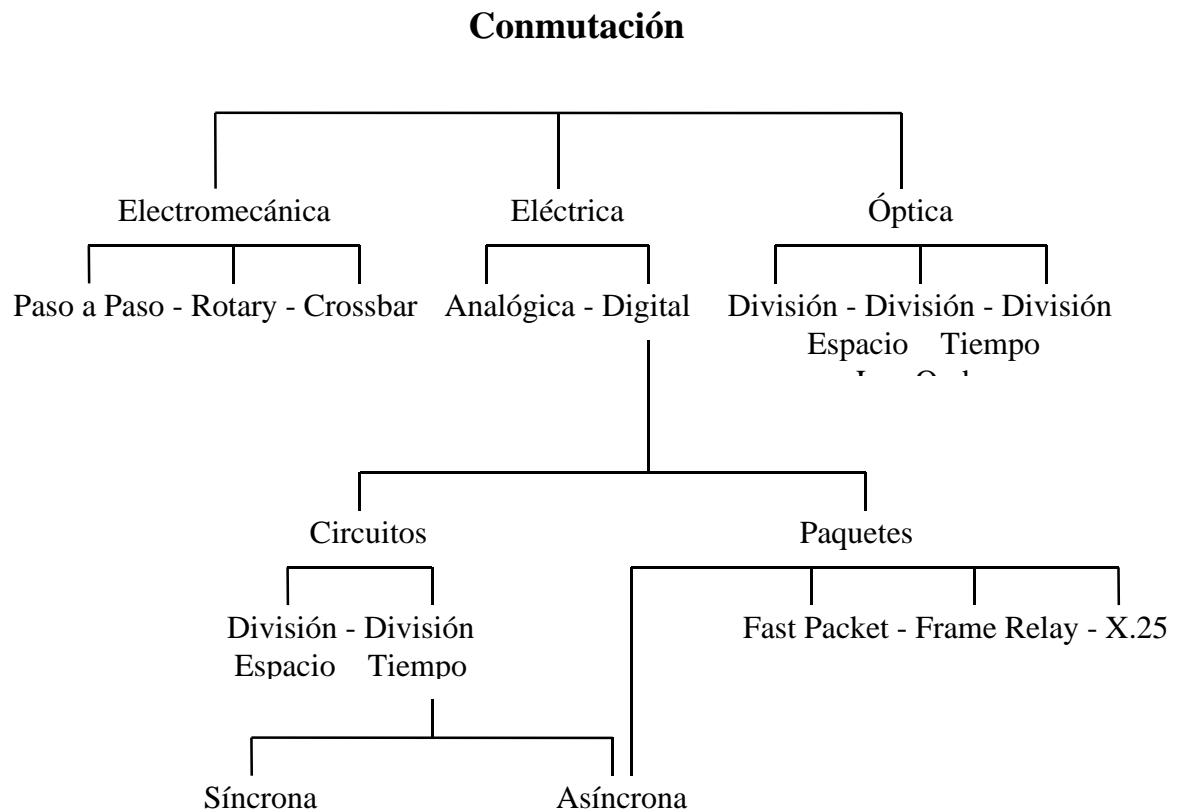


Figura 2.5. Técnicas de conmutación.

2.1.2. Clasificación según la multiplexación.

Las redes se pueden caracterizar en función de la forma en que se lleva a cabo la compartición del (de los) medio(s) de transmisión que existen en la red. Según este criterio tenemos redes que utilizan la:

- **División en frecuencia (FDM, *Frequency Division Multiplex*)**, en la que simultáneamente los usuarios utilizan el medio de transmisión manteniendo cada uno una comunicación sobre una frecuencia distinta, típico de transmisión vía radio. La multiplexación en longitud de onda sobre medio de transmisión óptico se puede considerar una variedad de este tipo.
- **División en el espacio**, válida si existen varios medios de transmisión, cada usuario utiliza uno para mantener su comunicación.
- **División en el tiempo:**
 - **Síncrona o determinista**, denominada por extensión y motivos históricos como división en el tiempo (**TDM, *Time Division Multiplex***). La capacidad de transmisión se divide en distintos canales que utilizan el medio en intervalos (*slots*) de tiempo prefijados distintos; esta repetición de slots da lugar a una trama (*frame*), que a su vez también se repite periódicamente. Por sus características es la óptima para la transmisión de tráfico isócrono, i.e. con requerimientos estrictos de retardo. Ejemplos de TDM son los conocidos sistemas JDP (**PDH, *Plesiochronous Digital Hierarchy***) y JDS (**SDH, *Synchronous Digital Hierarchy***).
 - **Por etiquetado**, en la que la información de usuario viaja empaquetada dentro de un contenedor (paquete) compuesto por la propia información más una tara (*overhead*, perteneciente a cada uno de los paquetes) que contiene elementos de enrutado y otros parámetros necesarios para la correcta transmisión de información. Si la información de usuario viaja en un solo paquete, éste se denomina mensaje. Por lo que respecta al medio físico de transmisión, cada paquete puede ser insertado en cualquier momento en la línea (salvo colisiones en caso de medio compartido), por lo que no se reserva un espacio físico determinado de transmisión.
 - **Asíncrona** (Cell Relay, Fast Packet Switching), intermedia entre las dos definidas anteriormente y objeto de definición a lo largo de este capítulo (ver 2.2.3). La información viaja empaquetada, pero es posible establecer una reserva de capacidad adaptativa.

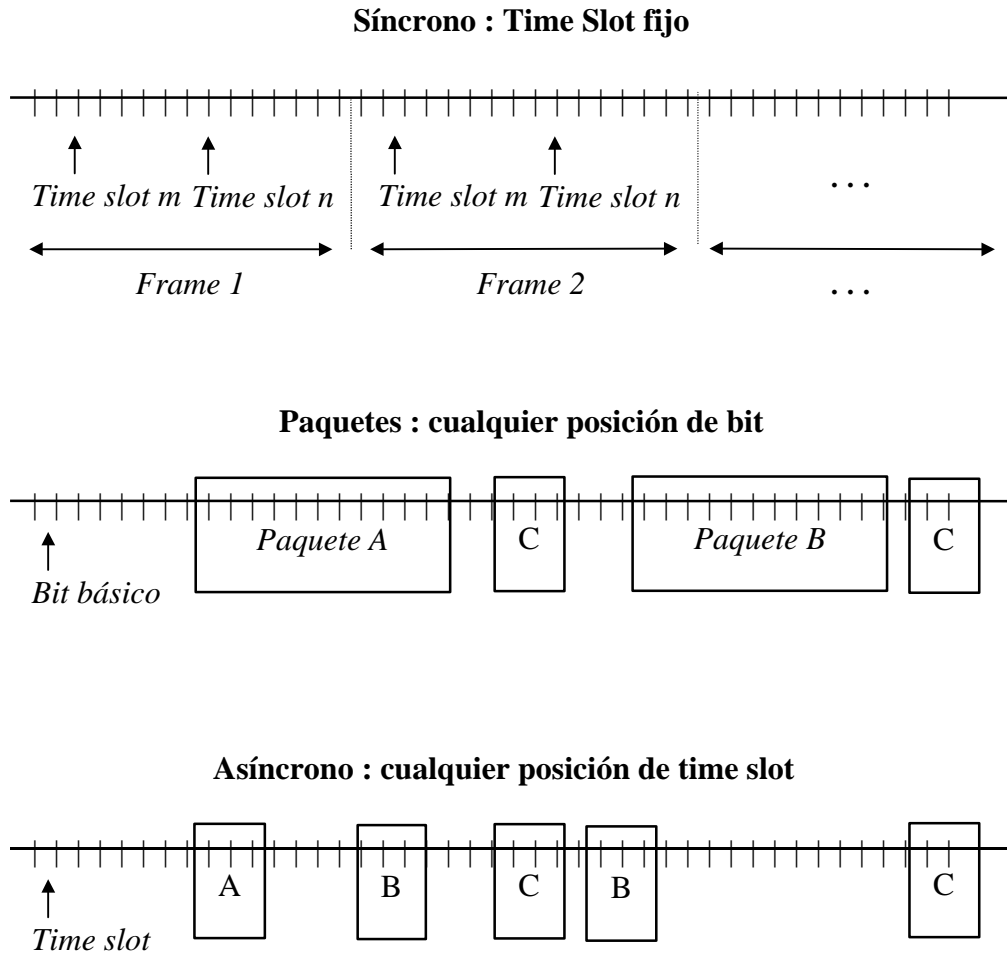


Figura 2.6. Tipos de multiplexación.

Debe notarse que para definir qué tipo de multiplexación se utiliza en un sistema dado, debe especificarse a qué nivel nos referimos. Por ejemplo, un sistema interconectado vía PDH puede transmitir información codificada en paquetes simplemente mapeando estos en el espacio útil de la trama PDH: la trama es de nivel 1 (físico) OSI y proporciona una determinada capacidad de transmisión al nivel 2 y superiores, que la usan utilizando paquetes.

2.1.3. Caracterización según el modo de conexión.

Las redes se pueden caracterizar en función de la necesidad que se tenga de establecer explícitamente la conexión entre los terminales de los usuarios para la transferencia de información. Según este criterio tenemos:

- **Orientada a la conexión (CO, *Connection Oriented*)** por circuito físico o lógico. Es decir se establece un circuito al principio de la comunicación, se pasa a una fase de conversación o transferencia de datos y se libera el circuito. Como ejemplos se pueden considerar la RDI y la RDSI-BE.

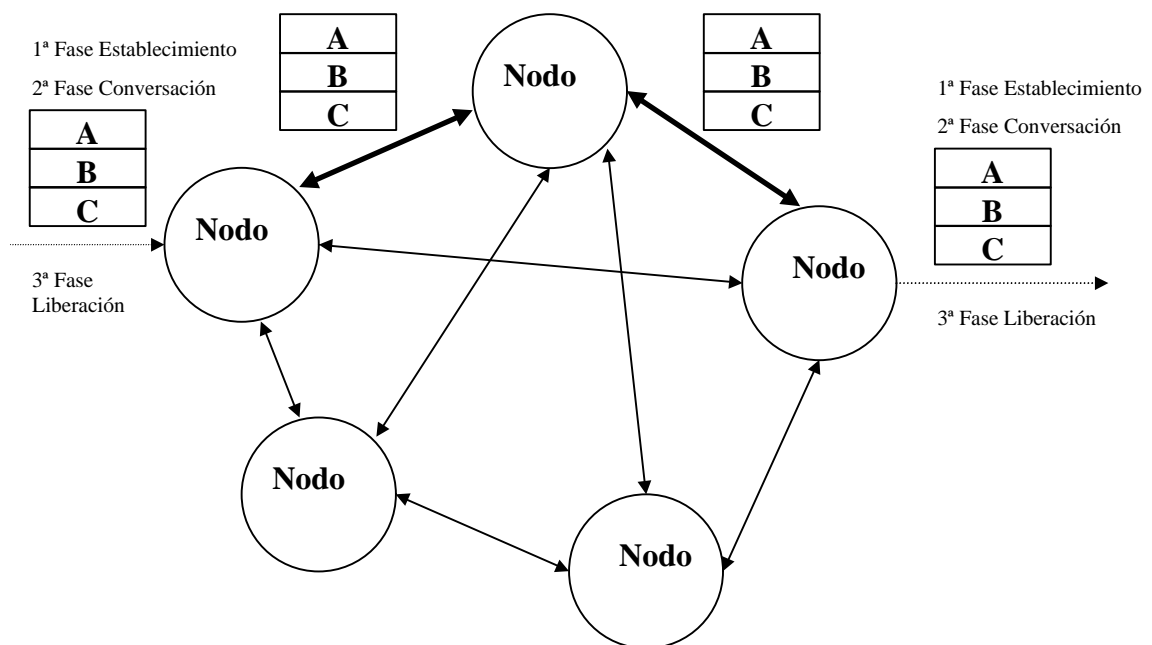


Figura 2.7. Modo orientado a conexión.

- **No orientada a la conexión (CL, *ConnectionLess*)**. El encabezamiento de cada unidad de datos trae toda la información necesaria (datagrama) para que los conmutadores la puedan encaminar hacia su destino final. Como ejemplo se puede citar la Red Internet y las LAN.

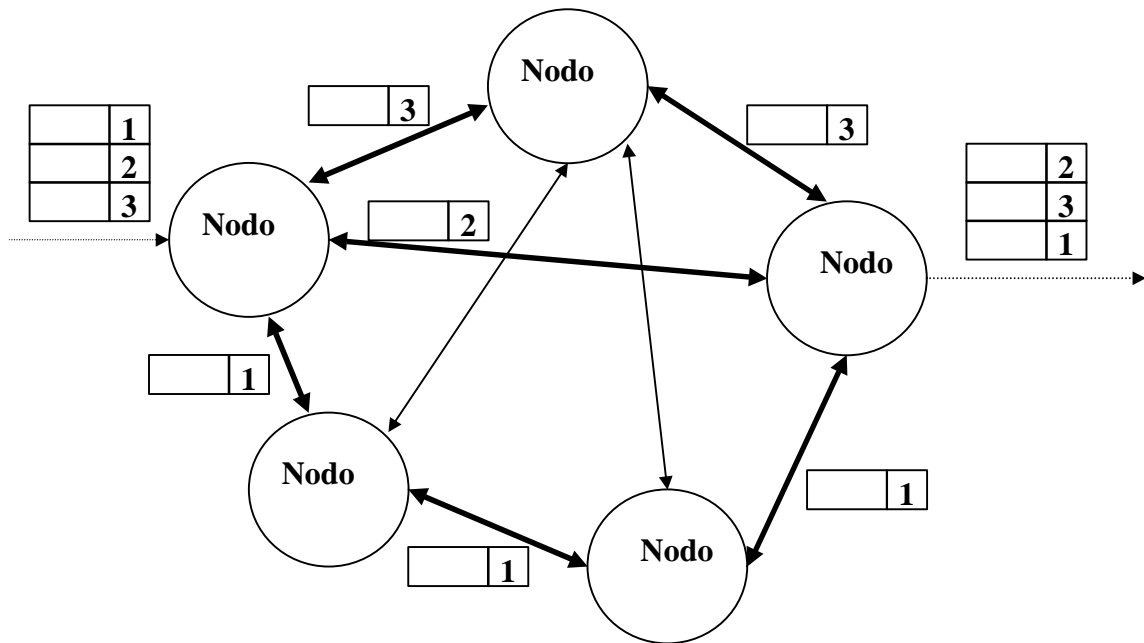


Figura 2.8. Modo no orientado a conexión.

Caracterización de las redes en base a:

1. Arquitectura de recursos compartidos: redes de difusión (un solo medio compartido por todos los usuarios) y redes de conmutación (más de un medio).

2. Multiplexación del medio de transmisión: por división en frecuencia, en el espacio y en el tiempo; dentro de esta última se distingue entre síncrona (intervalos prefijados para cada comunicación), por etiquetado (cada trozo de información lleva información de encaminamiento) y asíncrona (mixto).

3. Modo de conexión: distinguiendo entre orientado a conexión (si se ha de establecer un camino físico o virtual entre los usuarios antes de intercambiar información) y no orientado a conexión (en caso contrario).

2.2. MODOS DE TRANSFERENCIA.

El nombre de Modo de Transferencia es usado por los organismos de normalización para describir la técnica usada en una red de telecomunicación abarcando aspectos de transmisión, multiplexación y conmutación.

Un modo de transferencia está caracterizado básicamente por la técnica de conmutación usada en los nodos de la red. Sin embargo, el modo de transferencia es visible igualmente en la red de transmisión, tanto entre nodos como entre el usuario y el nodo, y la flexibilidad o inflexibilidad de un modo de transferencia se refleja tanto en los nodos de conmutación como en los equipos de transmisión.

La siguiente clasificación nos permitirá analizar los distintos tipos de modos de transferencia:

- De conmutación de circuitos o Síncrono
- De paquetes
- Asíncrono (ATM)

En la figura 2.9 se menciona el espectro de técnicas de conmutación capaces de transportar información en una red de telecomunicación. En general, las técnicas de la izquierda de la figura son para velocidad constante y ofrecen poca flexibilidad y según vamos hacia la derecha aumenta la flexibilidad para manejar velocidades variables e información a ráfagas, requiriendo sin embargo mayor complejidad y proceso en detrimento de la velocidad disponible.

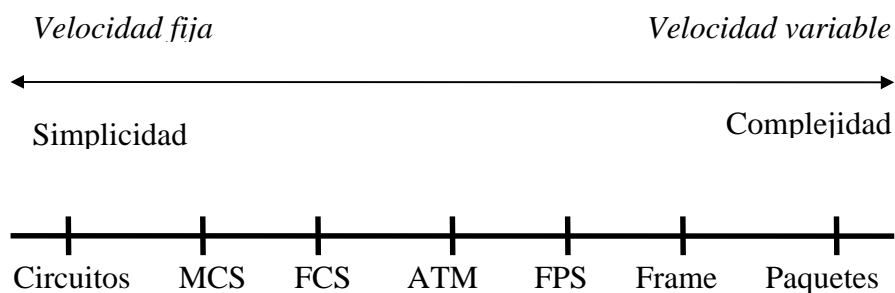


Figura 2.9. Espectro de técnicas de conmutación.

2.2.1. Modo de transferencia síncrono o de conmutación de circuitos.

Es el modo de transferencia que se usa en la RDI y en la RDSI-BE. Es un modo orientado a la conexión y que para el transporte información de un nodo a otro se basa en la multiplexación por división en el tiempo (TDM) y conmutación de circuitos.

La información es transferida con una cierta frecuencia de repetición (por ejemplo cada 125 microsegundos para 64 Kbit/s) . A la unidad básica de repetición de frecuencia se le llama “canal” . Varias conexiones se multiplexan en el tiempo sobre un enlace juntando un número fijo de canales que forman una trama que a su vez se repite con cierta frecuencia. Una conexión, es decir un circuito, siempre usará el mismo canal de la trama durante el tiempo que dure aquella, y además lo ocupará esté o no esté transmitiendo información.

En los nodos se realiza la conmutación intercambiando de posición los canales presentes en la trama de entrada para adecuarlos a la salida, previo análisis de la información de overhead y traducción posterior, como se muestra en la figura 2.10.

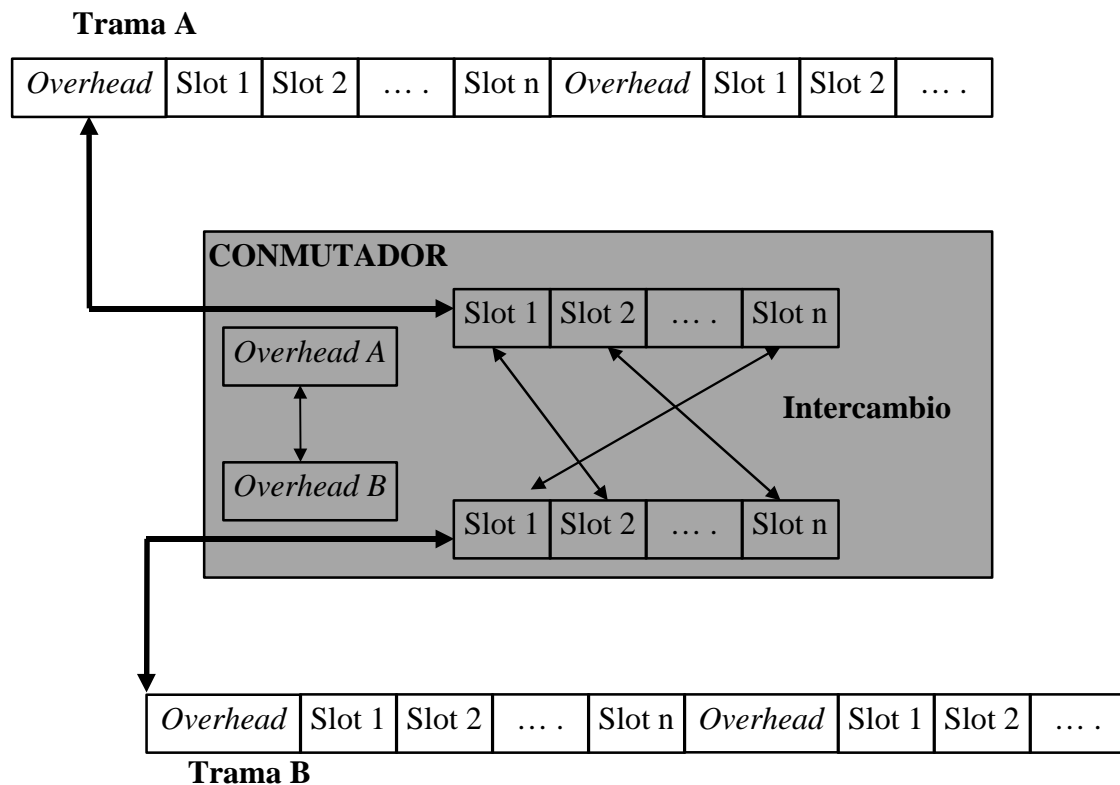


Figura 2.10. Operación en un nodo del modo de transferencia síncrono.

Las **ventajas** que tiene este modo de transferencia son su simplicidad y el pequeño retardo asociado a la transferencia de información; como **desventajas** podemos citar la asignación permanente de una capacidad de transmisión (canal) independientemente de que sea usada o no, la poca flexibilidad que proporciona el hecho de que cada usuario sólo disponga de una fracción fija de la velocidad total del enlace y la ineficiencia para tráfico de características no constantes.

2.2.1.1. Conmutación de circuitos múltiple.

Con objeto de salvar la rigidez de la conmutación de circuitos pura en cuanto a la asignación del ancho de banda de un único canal, se desarrolló una versión mejorada llamada Conmutación de Circuitos Múltiple (**MRC**S, *Multirate Circuit Switching*).

Aquí el sistema de transmisión usa el mismo formato TDM que en una conmutación de circuitos pura con una velocidad de canal básico fijada. Sin embargo, una conexión puede ahora reservar n ($n \geq 1$) canales básicos. Es decir, de esta forma una conexión puede tener un ancho de banda múltiplo de la del canal básico. Por ejemplo los videocodecs desarrollados para la videotelefonía de RDSI-BE, según la Recomendación H.261, pueden operar a velocidades de $n \times 64$ Kbit/s ($n \leq 30$).

El sistema de conmutación es más complejo que el de la conmutación de circuitos pura, puesto que los canales individuales que conforman una comunicación deben permanecer sincronizados y por tanto ser conmutados en conjunto. Si cada canal es conmutado individualmente, no se mantiene la sincronización y la información de cada canal puede ser conmutada con un pequeño retardo respecto a la de otro canal, cuestión que no puede ser aceptada desde el punto de vista del servicio puesto que los terminales consideran a todos los canales formando parte de una única entidad.

2.2.1.2. Conmutación Rápida de Circuitos.

La Conmutación Rápida de Circuitos (**FCS**, *Fast Circuit Switching*) se propuso a finales de la década de los 80 para extender el concepto de conmutación de circuitos a fuentes de tráfico de naturaleza variable y a ráfagas (datos). En una red FCS los recursos sólo se reservan cuando la información se transmite y se liberan cuando no hay información presente.

En el inicio de la llamada el usuario requiere una conexión con un ancho de banda que debe ser un múltiplo entero del canal básico. El sistema no reserva los recursos, pero memoriza el ancho de banda solicitado y el destino, y reserva un identificador de la conexión en el canal de señalización. Cuando la fuente empieza a enviar información, el identificador indica que hay información, requiriendo del sistema que reserve inmediatamente los recursos necesarios (puede ocurrir que el sistema no pueda satisfacer peticiones simultáneas por no disponer de los recursos suficientes).

Debido a la complejidad de la señalización requerida, esta técnica no fue desarrollada como solución para la RDSI-BA.

2.2.2. Modo de transferencia de paquetes.

En las redes de conmutación de paquetes, la información de usuario es encapsulada en unidades de datos o paquetes que contienen información adicional (etiqueta en el encabezamiento) usada por la red para encaminar, corregir errores, controles de flujo, etc., realizando por tanto multiplexación en el tiempo por etiquetado.

Los paquetes tienen una longitud variable por lo que requieren un tratamiento complejo dentro de la red (almacenamiento, retransmisiones, etc.), aumentando el retardo introducido y no siendo en principio idóneo para servicios de tiempo real (voz, vídeo) ni para servicios a muy altas velocidades (decenas o cientos de Mbit/s), siendo eficiente para transferencias de datos a media-baja velocidad; últimamente, sin embargo, se han venido desarrollado técnicas para aumentar la velocidad y permitir tráfico isócronos.

En el caso en que toda la información de usuario a transmitir en un momento dado se incluya en un solo paquete, se habla de transferencia de *mensajes*.

Se puede realizar conmutación o difusión de paquetes:

- **Difusión de paquetes:** se utiliza un solo medio físico que se comparte utilizando un protocolo de Control de Acceso al Medio (**MAC**, *Medium Access Control*). Es no orientada a la conexión. Como tipos se pueden citar :
 - Red de Area Local (**LAN**), para distancias menores de 10Km y velocidades de uno a decenas de Mbit/s (**Ethernet, Token Ring**, etc.).

- Red de Area Metropolitana (**MAN**), para distancias de hasta 50 Km. y que pueden llegar a permitir el uso de más servicios (voz, vídeo), con velocidades que llegan a 100-155 Mbit/s (**FDDI** *Fiber Distributed data Interface*, **DQDB** *Distributed Queue Dual Bus*).
- **Conmutación de paquetes:** El conmutador realiza una conmutación software basada en el análisis del encabezamiento de cada unidad de datos, y mapea los datos contenidos en el campo de carga útil en las unidades de datos que transmite hacia delante, agregando un nuevo encabezamiento o manteniendo la anterior en ciertos casos (como se aprecia en la Figura 2.11). Pueden ser orientadas o no orientadas a la conexión y se basan en la compartición flexible del ancho de banda disponible. Se pueden citar como protocolos:
 - **X.25** (capas 1, 2 y 3): de bajo throughput y para velocidades de acceso bajas o medianas sobre medio de calidad normal (9.6 a 64 kbit/s, máximo 2 Mbit/s), con recuperación de errores y control de flujo en capa 2, soporta señalización, multiplexación y enrutamiento en capa 3, orientado a conexión y direccionamiento X.121 de longitud variable, con paquetes de longitud variable (4096 bytes máximo) y retardo alto. Aplicación típica: transmisión clásica de datos.
 - **Frame Relay** (capas 1 y 2): también denominado **Frame Switching**, mejora del anterior dada la mayor calidad de medios de transmisión e inteligencia de equipos terminales, de throughput medio y velocidades de acceso mayores (56 kbit/s a 2 Mbit/s y mayores), sin recuperación de errores (i.e. descarte de tramas erróneas detectadas) ni control de flujo, multiplexación de canales lógicos, orientado a conexión y direccionamiento de longitud fija (DLCI de 10 bits), con paquetes de longitud variable (4096 bytes máximo) y retardo bajo. Aplicación típica: interconexión de LAN.
 - **SMDS** (*Switched Multi-megabit Data Service*, en América) / **CBDS** (*Connectionless Broadband Data Service*, en Europa): para velocidades de acceso de 1.5 a 34-45 Mbit/s (previsto 155 Mbit/s), con corrección de errores a nivel de enlace (basado en DQDB, aunque existe definición de nivel 2 realizado por ATM y otros protocolos), no orientado a conexión, longitud de paquete variable (máximo 9188 bytes), direccionamiento E.164 de 64 bits estructurados. Aplicación típica: WAN, interconexión de LAN.
 - **IP** (*Internet Protocol*): alma de INTERNET en capa 3-4 (aprox.), es no orientado a conexión con tamaño de paquete variable (máx 64 Kbytes), velocidad típica 64-128 kbit/s y direccionamiento estructurado de 32 bits.

En la tabla siguiente se esquematizan estas características.

	X.25	Frame relay	SMDS	IP
Capas	1,2, y 3	1 y 2	3-4 (DQDB 2)	3 / 4
Throughput	bajo	medio	medio	medio
Velocidad Acceso	9.6 a 64 kbit/s	56 a 2000 kbit/s	1.5 a 34/45 Mbit/s	64 a 128 kbit/s
Orientado a conexión	Sí	Sí	No	No
Longitud paquetes	variable (máx 4096 bytes)	variable (máx 4096 bytes)	variable (máx 9188 bytes)	variable (máx 64 Kbytes)
Retardo	alto	bajo	variable	variable
Corrección errores (Nivel 2)	Sí	No	-	-
Direccionamiento	X.121 longitud variable	DLCI 10 bits fijo	E.164 64 bits fijo	32 bits fijo estructurado
Aplicación típica	Datos típica	Datos LAN	Datos WAN	Datos INTERNET

Tabla 2.1. Resumen de características protocolos conmutación de paquetes.

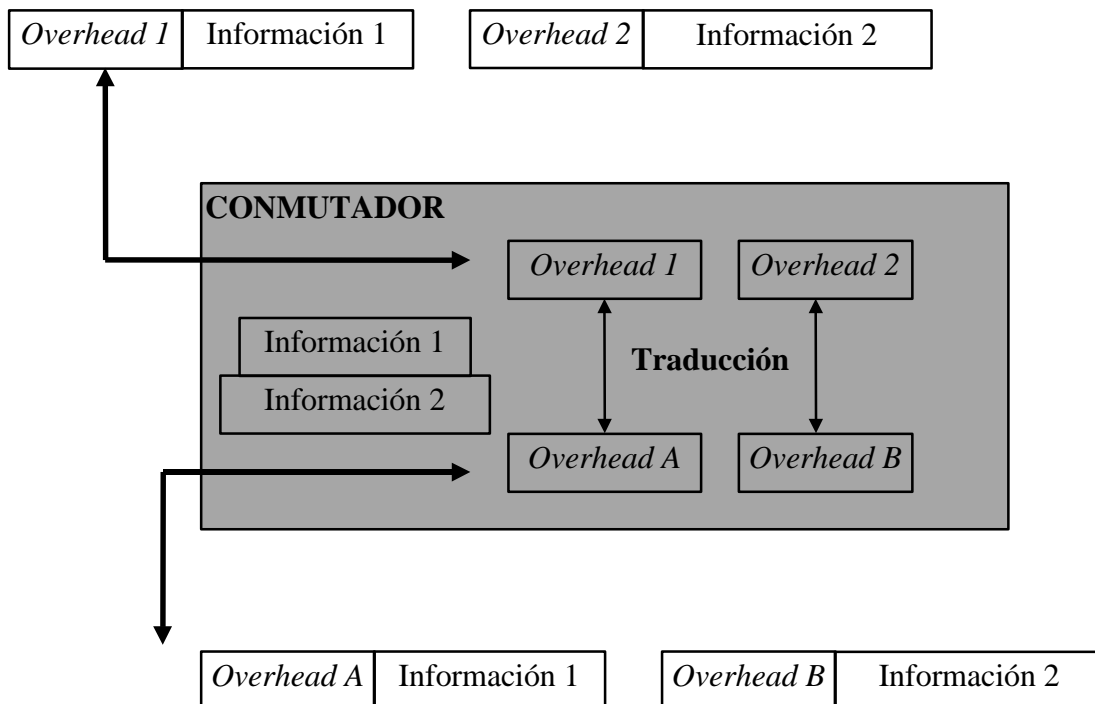


Figura 2.11. Ejemplo de modo de transferencia de paquetes (conmutación).

2.2.3. Modo de transferencia asíncrono.

El Modo de Transferencia Asíncrono (**ATM**, *Asynchronous Transfer Mode*) ha sido definido como el modo de transferencia de información a utilizar en la futura RDSI-BA, siendo una técnica adecuada para manejar conjuntamente tanto tráfico en tiempo real (muy sensible a los retardos pero no tanto a las pérdidas, por ejemplo voz de alta calidad y vídeo de alta resolución), como tráfico que no es de tiempo real (muy sensible a las pérdidas pero no tanto a los retardos, por ejemplo transferencia de datos entre ordenadores).

El problema que surge al intentar transportar de manera integrada tráfico de características tan dispares es que el ancho de banda de pico generado puede ser grande, como en imágenes de vídeo con mucho movimiento, pero sin embargo la duración de estos datos a transmitir puede ser muy pequeña. En otras palabras, los datos vienen en ráfagas veloces y deben ser transmitidos a la velocidad de pico de la ráfaga, pero el tiempo medio entre llegada de ráfagas puede ser bastante grande y además distribuido de forma aleatoria.

Para este tipo de conexiones, sería un desperdicio de ancho de banda el reservar un canal con ancho de banda suficiente para poder cursar el tráfico de pico durante todo el tiempo, cuando en media puede que solo uno de cada diez canales transporte este tipo de tráfico. Sería interesante que el canal pudiera ser reutilizado para otra conexión pendiente. Por este motivo el uso del modo de transferencia síncrono resulta ineficiente, ya que el ancho de banda necesario para la ráfaga es demasiado grande. El tratamiento complejo de los encabezamientos del modo de transferencia de paquetes no permitiría velocidades muy altas, produciendo además retardos importantes para los tráficos de tiempo real.

Así nació el ATM (también llamado **ATD**, *Aynchronous Time Division*, o **FPS**, *Fast Packet Switching*), intentando dar solución al problema planteado y siendo propuesto de manera independiente por Bellcore (el brazo de investigación de ATT en EE.UU.) y varias compañías de telecomunicaciones en Europa.

La definición del modo de transferencia asíncrono podría ser la siguiente:

ATM es una técnica de telecomunicación (multiplexación + transmisión + conmutación) orientada a conexión y diseñada para el transporte de información digital multimedia de velocidad variable, codificada en bloques etiquetados de longitud fija denominados células.

En los apartados y temas siguientes se realizará un análisis en profundidad de las características arriba especificadas, con toda su complejidad asociada; sin embargo, antes de continuar, baste la pequeña introducción a la historia del desarrollo del modo de transferencia asíncrono que se da a continuación.

2.2.3.1. Reseña histórica.

A finales de los años 60 se empezó a investigar en los Laboratorios Bell la posibilidad de introducir una “etiqueta” explícita para los canales de tramas síncronas (sistemas MIC), de forma que de esa forma se identificaran las distintas comunicaciones que fluyen por la red. Nació así el **Cell-Relay** o **ATDM** (*Asynchronous Time Division Multiplex*, Multiplexación Asíncrona por División en el Tiempo), nombre que deriva del hecho de que, a pesar de que el canal físico compartido sigue estando “dividido” en slots, el transmisor puede utilizar el que se encuentre libre sin relación ninguna con la temporización implícita en TDM (esperar a que llegue el turno), por tanto, asíncronamente.

La introducción de la etiqueta identificadora trae consigo un aumento de la sobrecarga asociada, pero acomoda a su vez más eficientemente el tráfico a ráfagas propio de comunicaciones de datos. Sin embargo, la implementación de estos sistemas se vio pospuesta debido a las limitaciones tecnológicas de la época, principalmente a nivel hardware. Por el contrario, una forma similar de transferencia por etiquetado, la conmutación de paquetes de longitud variable con un encabezamiento mayor, sí encontró su aplicación en las redes digitales de comunicación de datos.

No es hasta la década de los 80 que vuelve a salir a la luz la idea de una arquitectura de comunicaciones asíncrona, cuya implementación basada en los avances de la tecnología hardware parecía cada vez más cercana. La evolución desde los modos de transferencia ya descritos se produce a ambos lados del Atlántico, dando lugar a distintos trabajos pioneros y, por tanto, a distintas denominaciones: **ATD** (Asynchronous Time Division, Coudreuse 1983, CNET Europa), **Fast Packet Switching** (Turner 1983, USA) y, finalmente, **ATM** (Asynchronous Transfer Mode), nombre este último que ha sido adoptado oficialmente por la ITU para denominar este modo de transferencia.

Como se aprecia en las Figuras 2.5 y 2.9 anteriores, ATM es un modo de transferencia mixto que podemos considerar a medio camino entre los modos de transferencia síncronos y los de paquetes. Los intentos de aligerar los protocolos de los modos de transferencia de paquetes (motivado por la mejora en los medios de transmisión y la capacidad de las estaciones finales) y los intentos de flexibilizar la utilización de ancho de banda en los modos de transferencia síncronos (mejor aprovechamiento de recursos), desembocan en ATM.

Se puede concluir que las distintas técnicas de multiplexación y conmutación han ido surgiendo por caminos, si bien paralelos, conceptualmente diferentes; es con la llegada de la técnica asíncrona cuando ambas tienden a integrarse bajo un modelo único que las engloba, siendo éste el entorno en el que de mejor manera se puede aplicar el término “modo de transferencia”.

Un modo de transferencia es la técnica usada en una red de telecomunicación que abarca aspectos de transmisión, multiplexación y conmutación.

Los modos de transferencia se clasifican en:

1. Conmutación de circuitos o síncrono: orientado a la conexión, con multiplexación por división en el tiempo; ventajas son su simplicidad y el pequeño retardo, inconvenientes su desperdicio de ancho de banda si no hay intercambio de información.

2. De paquetes: orientado o no a la conexión, multiplexación por etiquetado y con uno o varios medios de transmisión; complementario al anterior.

3. Asíncrono: evolución convergente de los dos anteriores.

2.3. EL NÚCLEO DEL ATM: CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO.

Tres son las **características básicas** de ATM:

- **Orientado a conexión.**
- Campo de transporte de **información de usuario de longitud fija** y relativamente **pequeña**.
- **Encabezamiento con prestaciones reducidas.**

El desglose de cada una de ellas, teniendo en consideración las decisiones de diseño que llevaron a su elección así como sus ventajas e inconvenientes, se realiza en los apartados 2.4.1 a 2.4.3 a continuación.

2.3.1. Orientado a conexión.

El establecimiento de un camino (virtual, lógico) previo al envío de información permite garantizar tiempos de retardo aceptables para las aplicaciones sensibles a este parámetro (voz, vídeo). Asimismo minimiza la probabilidad de pérdida o desbordamiento de la red y redundante así en una mejor calidad global.

Nótese que el multiplexado o compartición estadística que hace ATM de los recursos disponibles en la red, incluso en el supuesto de ser orientado a conexión, permite un aprovechamiento óptimo de todos ellos (c.f. con la técnica de multiplex determinista).

Las conexiones virtuales se especifican por medio de 2 identificadores denominados **VPI** (*Virtual Path Identifier*, identificador de camino virtual) y **VCI** (*Virtual Channel Identifier*, identificador de canal virtual), que las identifican unívocamente en una interfaz dada.

Se define una conexión ATM como la concatenación de enlaces necesarios para proporcionar una capacidad de transferencia de extremo a extremo entre puntos de acceso, como se verá en el tema dedicado a la capa ATM.

Asimismo, la estratificación VP/VC permite la existencia de conmutadores de VC y de conmutadores de VP. En capítulos posteriores se analizará detalladamente las relaciones entre los elementos mencionados.

El establecimiento y liberación de llamadas (formadas por una o más conexiones) se puede realizar por medio de procedimientos de gestión o de control (i.e. vía reserva estática o vía señalización, como se verá en el Tema 9).

2.3.2. Campo información de longitud fija y relativamente pequeña.

Varios son los parámetros que influyen en la determinación de la longitud del campo de información útil que se transporta: el retardo, la eficacia de aprovechamiento del ancho de banda y las prestaciones de conmutación.

Aunque en los primeros estudios sobre modos asíncronos de transferencia se encuentren diversas elecciones de longitud, fija o variable (por ejemplo, Coudreuse propuso longitud fija de 16 bytes, mientras que para FPS Turner defendió longitud variable), teniendo en cuenta que para los servicios que se pretenden ofrecer se ha de proporcionar una estructura de compromiso lo más abierta posible, finalmente se decidió una longitud fija para la unidad de información, en base a los criterios especificados en la Tabla 2.2. a continuación.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
RETARDO	Varía con la longitud, por lo que para servicios en tiempo real ésta ha de variar en un rango limitado o ser fija.
ANCHO DE BANDA	El overhead debido a longitud variable (flags, campo de longitud, <i>bit stuffing</i> , etc.) no impide que se acomode el tráfico de una manera óptima. Para longitud fija el aprovechamiento es menor debido a que, dependiendo del tipo de tráfico, no siempre es posible aprovechar toda la capacidad de transporte ofrecida.
PRESTACIONES DE CONMUTACIÓN	Tanto por la velocidad de operación como por los requerimientos de tamaño y gestión de colas, la solución basada en longitud fija requiere una menor complejidad para su implementación, al realizarse todas las funciones de conmutación relativas a un tamaño establecido.
<p><u>Conclusión</u></p> <p>Dadas las características multimedia del tráfico a transferir, la ventaja que proporciona una longitud variable en cuanto a aprovechamiento de ancho de banda, no compensa la que se alcanza con longitud fija en sencillez y velocidad de conmutación.</p>	

Tabla 2.2. Argumentos para la elección de longitud fija de células.

La unidad de información de **longitud fija** se la denominó **célula** o **celda** (*cell*) para diferenciarla de la unidad de longitud variable o *paquete* (*packet*).

Para el diseño del **tamaño concreto del campo de información útil** que transportaría la célula ATM existieron dos posturas encontradas: la de los PTTs estadounidenses junto con los operadores de redes de ordenadores vs. la de los PTTs europeos. Los primeros abogaban por una longitud de 64 bytes útiles que aprovecharan el ancho de banda disponible, tanto en aplicaciones de datos como de voz (donde el retardo introducido por la necesidad de rellenar los 64 bytes hace imprescindible el empleo de canceladores de eco, de los que ya disponen dadas las distancias habituales que han de cubrirse en las redes de voz americanas). Por el contrario, los PTTs europeos defendieron el empleo de 32 bytes, que no hacen necesario el uso de canceladores de eco para voz.

La solución salomónica adoptada por la ITU (todavía llamado CCITT en 1989) es una longitud de **48 bytes** para el tamaño del campo de información de la célula ATM, permitiendo una eficacia de transmisión adecuada y, a la vez, no requiriendo el uso de canceladores en la mayoría de comunicaciones vocales.

2.3.3. Encabezamiento con prestaciones reducidas.

La elección de un modo de transferencia orientado a conexión, así como la evolución que han experimentado las redes de conmutación de paquetes, permiten que el encabezamiento que se transmite con cada célula mantenga una funcionalidad muy restringida.

Operaciones comunes en otros modos de transferencia por paquetes, como por ejemplo:

- identificación de interlocutores,
- numeración de paquetes en modos no orientados a conexión,
- control y corrección de errores en la carga útil (FEC),
- control de flujo (*window control*, ARQ),

bien se realizan en la fase de establecimiento de la conexión (las dos primeras), bien se trasladan a los extremos de la red o a procedimientos de capas superiores (las dos últimas). Estas características redundan en un aumento de la velocidad de procesamiento en la red, vital para los servicios de banda ancha que se pretenden soportar.

El encabezamiento de la célula ATM consta de **5 bytes** (aproximadamente un 10% de sobrecarga por cada célula de 53 bytes, 48+5), que realizan las funciones especificadas en el siguiente esquema. Una descripción detallada de la forma en que se implementan estas prestaciones y los tipos de células disponibles se encuentra en el Tema 4 dedicado a la capa ATM.

Funciones codificadas en encabezamiento de célula (5 bytes)
--

1. Identificación del canal virtual (VPI/VCI).
2. Implementación de prioridades de retardo y de pérdida (CLP).
3. Identificación de células de mantenimiento y transporte útil (PTI).
4. Protección contra errores en el encabezamiento (HEC).

Tabla 2.3. Funciones de el encabezamiento de célula ATM.

Las tres características clave del protocolo ATM son:

1. Orientado a conexión: se debe establecer un camino virtual entre los participantes antes de la transferencia de información. Este camino virtual es identificado por medio de la pareja VPI/VCI en el encabezamiento de cada célula.

2. Payload de longitud fija y pequeña (48 bytes) por sencillez y velocidad de conmutación, aunque puede desperdiciar ancho de banda en ciertos casos.

3. Encabezamiento con prestaciones reducidas (5 bytes) para identificación de canal VPI/VCI, prioridades de retardo y pérdida, identificación de tipo de célula y protección contra errores de encabezamiento.

2.4. EL MODELO DE REFERENCIA DE PROTOCOLO.

El modelo de referencia de protocolo de la RDSI-BA (**PRM**, *Protocol Reference Model*) se describe en la Recomendación I.321 de la ITU, estando basado en el desarrollado para la RDSI-BE y en las ideas de principios de comunicación estratificada definidos en la Recomendación X.200, i.e. el modelo OSI de interconexión de sistemas abiertos de 7 capas.

Cabe destacar como discrepancias entre el PRM y OSI que en el primero no se ha aplicado totalmente el principio de independencia de capas y, además, la relación entre las capas más bajas del modelo OSI y la capa AAL de ATM no queda clarificada completamente. En el apartado 2.4.1 se repasan los conceptos clave del modelo OSI, pasándose en el 2.4.2 a la descripción del PRM diseñado para la RDSI-BA.

2.4.1. El modelo OSI.

Se entiende por **sistema abierto** aquél que tiene capacidad para procesar información y comunicarse con otro sistema mediante normas y procedimientos estándar reconocidos públicamente. Por el contrario, un sistema es cerrado cuando sigue normas de comunicación propias (*proprietary*), por lo que sólo puede comunicarse con sistemas análogos.

La interfaz entre sistemas abiertos comprende un gran número de funciones y procedimientos que, para su especificación y desarrollo, se agrupan por homogeneidad en partes más simples denominadas **niveles o capas** (*layer*). Cada nivel se comunica con los adyacentes en su mismo sistema mediante el protocolo entre capas (que no es necesario que esté completamente especificado dado que es local al propio sistema), y con la homóloga remota mediante el llamado protocolo entre pares.

La Organización Internacional de Normalización (**ISO**, *International Standardization Organization*) ha desarrollado un modelo de referencia para la Interconexión de Sistemas Abiertos (**OSI**, *Open System Interconnection*) en el que se establece en 7 el número de niveles de la interfaz entre ellos.

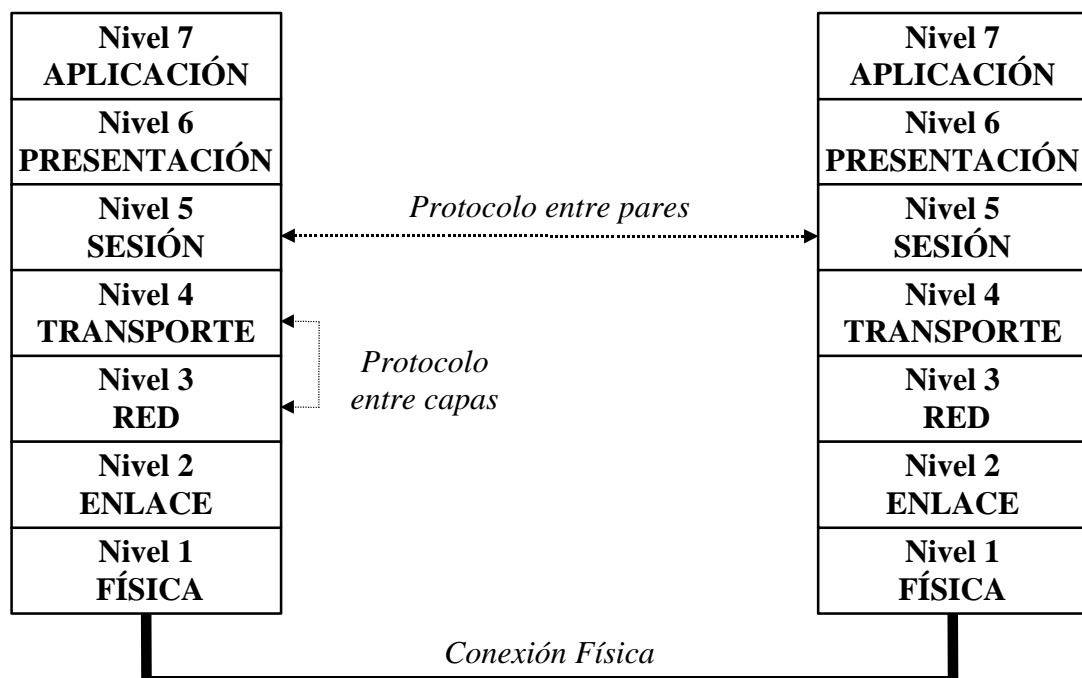


Figura 2.11. Modelo de Referencia de Protocolos OSI.

Cada uno de los niveles mencionados realiza un conjunto de funciones relacionadas, entablando un diálogo con sus niveles adyacentes superior e inferior y con el nivel homólogo distante. Las funciones genéricas que realiza cada nivel son las siguientes:

- Nivel de Aplicación (**AL**, *Application Layer*): determina cómo se enlazan las aplicaciones para llevar a cabo la comunicación.
- Nivel de Presentación (**PL**, *Presentation Layer*): determina el formateo de los datos que se intercambian las aplicaciones.
- Nivel de Sesión (**SL**, *Session Layer*): controla el flujo de datos entre aplicaciones.
- Nivel de Transporte (**TL**, *Transport Layer*): comprueba la integridad de los datos.
- Nivel de Red (**NL**, *Network Layer*): Establece, mantiene, enruta y termina las conexiones entre sistemas.
- Nivel de Enlace (**LL**, *Link Layer*): gestiona el flujo de datos entre sistemas adyacentes.
- Nivel Físico (**PL**, *Physical Layer*): comprende el conjunto de elementos y procedimientos físicos para llevar a cabo la transmisión física de señales.

En la figura siguiente se detalla la nomenclatura utilizada para identificar las unidades de datos que se intercambian en el protocolo entre dos capas cualesquiera. Debe notarse que lo que se denomina SDU de una capa constituye la PDU de la capa inmediatamente superior.

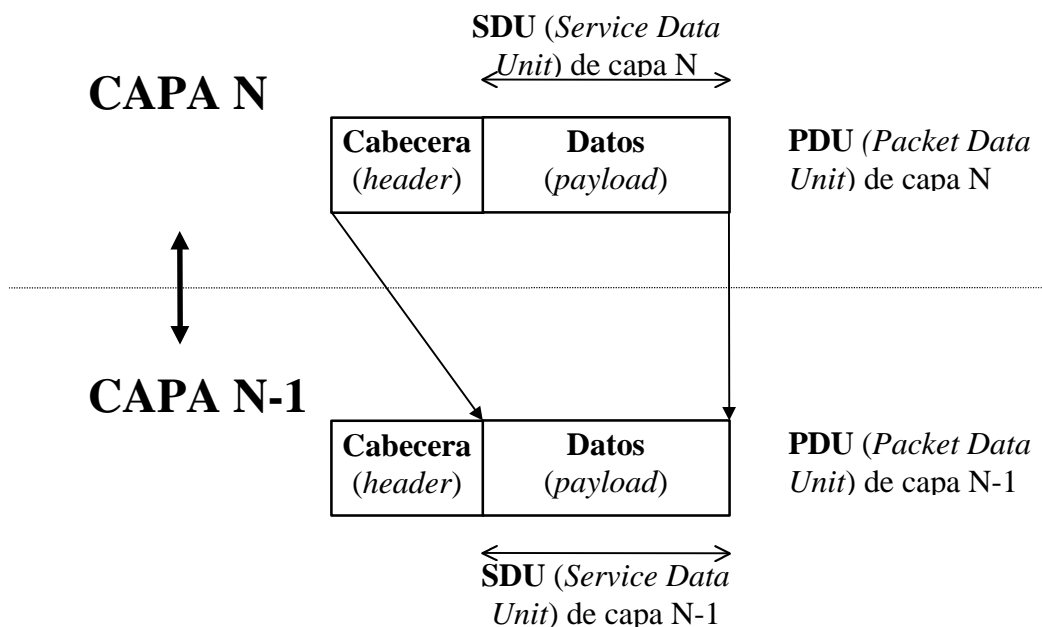


Figura 2.12. Nomenclatura de unidades de datos del protocolo entre capas.

2.4.2. El PRM de la RDSI-BA.

El modelo de referencia de protocolo para la RDSI-BA se compone de tres planos diferenciados:

- **Plano de Usuario**, con estructura estratificada, que efectúa la transferencia del flujo de información de usuario junto con los correspondientes controles (de flujo, de errores, etc.).
- **Plano de Control**, con estructura estratificada, que realiza las funciones de control de la llamada y control de conexión; se encarga de la señalización necesaria para establecer, suspender y liberar llamadas y conexiones.
- **Plano de Gestión**, que proporciona dos tipos de funciones (cuya fusión requeriría normalización posterior):
 - **Funciones de Gestión de Plano**, con estructura estratificada, relacionadas con el sistema en su conjunto, i.e. de todos los planos.
 - **Funciones de Gestión de Capa**, relacionadas con la gestión de los recursos y parámetros que residen en cada capa; asimismo trata los flujos de información de OAM (Tema 6).

Las tres capas en las que se estratifica el PRM propiamente dicho son la capa Física, la capa ATM y la capa de Adaptación ATM (**AAL**, *ATM Adaptation Layer*); estas capas son motivo de discusión de los tres temas siguientes. Por encima suyo, el resto de funciones propias de los distintos servicios y usuarios se engloban en las llamadas capas Superiores. En la siguiente figura se esquematiza este modelo.

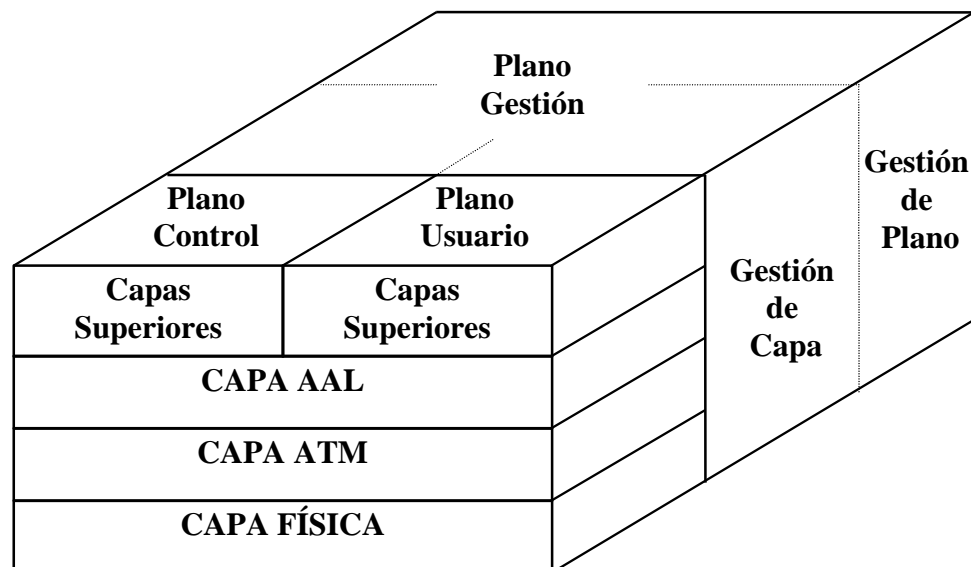


Figura 2.13. Modelo de Referencia de Protocolo (PRM) para RDSI-BA.

El modelo de referencia de protocolo ATM se compone de tres planos denominados de usuario (transferencia de información), de control (de llamadas y conexiones vía señalización) y de gestión (del conjunto y de cada una de las capas).

Las tres capas que a su vez forman la estructura del PRM son: capa física, ATM y de adaptación.

Resumen

Las redes se pueden caracterizar en base a tres parámetros::

- 1. Arquitectura: redes de difusión (un solo medio compartido por todos los usuarios) y redes de conmutación (más de un medio).*
- 2. Multiplexación de transmisión: por división en frecuencia, en el espacio y en el tiempo; dentro de esta última se distingue entre síncrona (intervalos prefijados para cada comunicación), por etiquetado (cada trozo de información lleva información de encaminamiento) y asíncrona (mixto).*
- 3. Modo de conexión: orientado a conexión (si se ha de establecer un camino físico o virtual entre los usuarios antes de intercambiar información) y no orientado a conexión (en caso contrario).*

Se denomina modo de transferencia a la técnica usada en una red de telecomunicación que abarca transmisión, multiplexación y conmutación.

La clasificación de los modos de transferencia es la siguiente:

- 1. Conmutación de circuitos o síncrono: caracterizado por ser orientado a conexión con multiplexación por división en el tiempo.*
- 2. De paquetes: caracterizado por ser orientado o no a la conexión y con multiplexación por etiquetado, utilizando uno o varios medios de transmisión.*
- 3. Asíncrono: evolución convergente de los dos anteriores.*

Las 3 características clave de ATM son: orientado a conexión, payload de longitud fija y pequeña (48 bytes) y encabezamiento (5 bytes) con prestaciones reducidas.

El modelo de referencia de protocolo ATM se compone de tres planos denominados: de usuario (transferencia de información), de control (de llamadas y conexiones vía señalización) y de gestión (del conjunto y de cada una de las capas).

Las tres capas que a su vez forman la estructura del PRM son: capa física, ATM y de adaptación.

2.5. EJERCICIOS DE COMPROBACIÓN.

1.- Señale la opción cierta en conmutación de paquetes:

- a) Es siempre orientada a conexión dado que aprovecha ancho de banda
- b) Es orientada a conexión sólo en ciertos protocolos; en otros protocolos no.
- c) Nunca es orientada a conexión dado que se desaprovecha ancho de banda de señalización

2.- Señale la opción completamente verdadera:

- a) Frame Relay es similar a ATM en que usa paquetes
- b) Frame Relay es similar a ATM en que usa conmutación de paquetes
- c) Frame Relay es similar a ATM en que usa el mismo tipo de multiplexación por etiquetado
- d) Ninguna de las anteriores

3.- ¿Cuál es la diferencia entre CO y CL?

- a) Se establece el circuito antes de transmitir en CO y CL lo libera
- b) Al finalizar la transmisión, CL libera el circuito para su reutilización
- c) Se habla de redes CO vs. CL en base a la necesidad de establecer explícitamente la conexión antes de transferir información

4.- El tamaño de la célula ATM es:

- a) 48 bits de overhead + 5 bits de payload
- b) 64 bits de payload + 5 bytes de overhead
- c) 5 bytes de overhead + 48 bytes de payload
- d) 53 bytes variables en total

5.- Sólo existen 3 clasificaciones de redes: por su arquitectura, multiplexación y modo de conexión.

- a) Verdadero
- b) Falso

6.- ¿Cuál de las tres características básicas del ATM fue la determinante para que fuera el modo de transferencia de la RDSI-BA?

- a) Orientado a conexión
- b) Información de usuario de longitud variable y relativamente pequeña
- c) Encabezamiento reducido
- d) Todas las anteriores
- e) Ninguna de las anteriores

7.- La capa AAL corresponde exactamente a la capa OSI:

- a) 2
- b) 3
- c) 2 / 3
- d) Ninguna de las anteriores

8.- Una red de conmutación de paquetes no puede montarse sobre ATM:

- a) Cierto
- b) Depende del modo de conexión que consideremos
- c) Depende del protocolo concreto que consideremos
- d) Falso

9.- ¿Por qué es la longitud de la célula fija?

- a) Por que mejora el comportamiento frente a retardos
- b) Por que mejora el comportamiento frente a ancho de banda
- c) Por que mejora el comportamiento frente a prestaciones de rutado
- d) Todas las anteriores

10.- El tráfico de un servidor de ficheros se cursa a través del plano:

- a) De control
- b) De gestión de plano
- c) De usuario
- d) Depende del protocolo concreto de transferencia de ficheros

SOLUCIONARIO

1b, 2d, 3c, 4c, 5b, 6d, 7d, 8d, 9a, 10c

TEMA 3

MODELO DE CAPAS: CAPA FÍSICA

INTRODUCCIÓN

El objetivo de este tema es, dentro de la organización de la RDSI-BA en capas, estudiar la capa Física, describiendo las funciones que se realizan en cada una de las dos subcapas de que consta.

Se realizará una introducción a los sistemas de transmisión basados en la Jerarquía Digital Síncrona JDS que constituyen la mejor base de transporte para ATM.

También se analizará como se “mapean” las células ATM según los diferentes sistemas de transmisión utilizados centrándonos principalmente en la Jerarquía Digital Plesiócrona JDP y en la JDS, y comentando los sistemas de transmisión basados en células que son los normalizados por la ITU.

ESQUEMA DE CONTENIDO

3.1.-LA CAPA FISICA: GENERALIDADES

3.2.-FUNCIONES DE LA CAPA FISICA

3.2.1.-Funciones de la Subcapa de Medio Físico

3.2.2.-Funciones de la Subcapa de Convergencia de Transmisión

3.3.-INTRODUCCION A LA JERARQUIA DIGITAL SINCRONA (JDS)

3.3.1.-Conceptos Básicos

3.3.2.-Terminología y Definiciones

3.3.3.-Principios Básicos de Multiplexación

3.3.4.-Estructura de Trama Básica

3.3.5.-Estructura de Trama STM-N

3.3.6.-Taras: Descripción y Funcionalidad

3.3.7.Punteros: Descripción y Funcionalidad

3.4.-CELULAS ATM EN LA JERARQUIA DIGITAL SINCRONA

3.4.1.-Correspondencia en un Vc-4/Vc-3

3.4.2.-Correspondencia en un Vc-2

3.5.-CELULAS ATM EN LA JERARQUIA DIGITAL PLESIOCRONA

3.5.1.-Correspondencia de Células ATM a 2048 Kbit/s

3.5.2.-Correspondencia de Células ATM a 3468 Kbit/s

3.5.3.-Correspondencia de Células ATM a 139264 Kbit/s

3.6.- EJERCICIOS DE COMPROBACIÓN

3.1. LA CAPA FISICA: GENERALIDADES.

La capa Física, dentro del modelo de capas de la RDSI-BA recogido en la figura 3.1, **es la responsable de acomodar (“mapping”) las células** que le entrega la capa ATM en las estructuras de trama utilizadas en las Redes de Transporte y Acceso, realizando también la función inversa de recuperar las células válidas que vienen en las tramas de los sistemas de transmisión para entregarlas a la capa ATM.

Estas acciones se hacen con independencia del sistema de transmisión que se utilice, y tanto en las interfaces de acceso (UNI) como en las interfaces entre nodos de Red (NNI).

Aunque en un principio se asocia la RDSI-BA con los nuevos sistemas de transmisión de la Jerarquía Digital Síncrona JDS (SDH Synchronous Digital Hierarchy) que constituirán la base del transporte de las células ATM por la alta calidad y el gran ancho de banda que proporcionan, tal y como se observa en el mapa de comunicaciones de la figura 3.2, existen otras posibilidades para los medios de transmisión a utilizar.

Así se pueden utilizar los sistemas de transmisión de la Jerarquía Digital Plesiócrona JDP (PDH Plesiochronous Digital Hierarchy, muy frecuente en las fases iniciales de despliegue de las redes ATM para aprovechar los medios disponibles), y otros sistemas basados en la transmisión de un tren continuo de células (IBM 25.6 Mbit/s, etc).

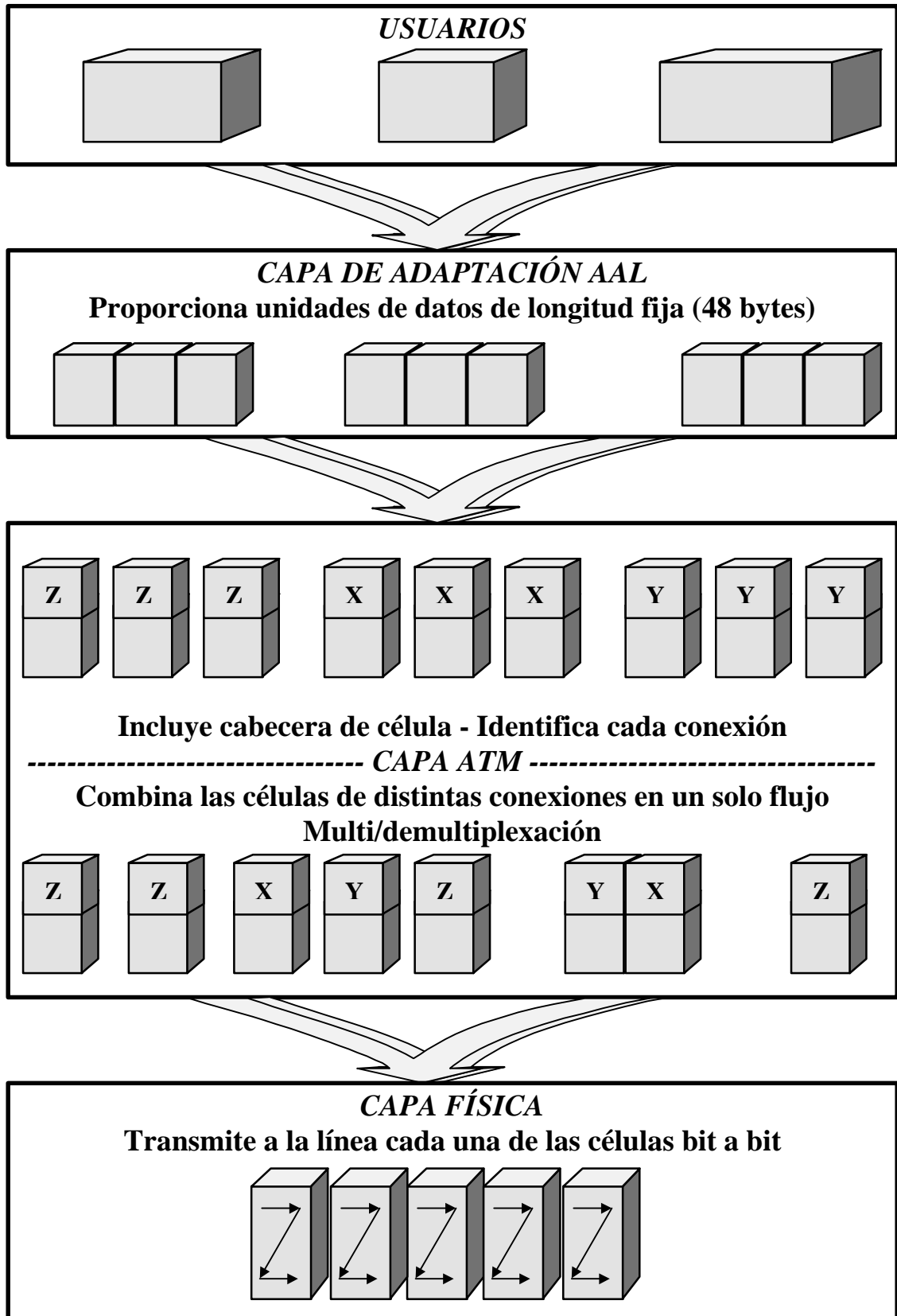


Figura 3.1 Modelo de capas ATM

Figura 3.2. Mapa de comunicaciones.

En este capítulo veremos con detalle el **mapeado de células sobre JDS y JDP** que son los sistema de transmisión que se están utilizando en las primeras fases del despliegue de redes ATM.

La CAPA FÍSICA es la encargada de acomodar, "mapear", las células entregadas por la capa ATM al medio físico de transmisión que se utilice.

3.2. FUNCIONES DE LA CAPA FÍSICA.

Tal y como se muestra en la figura 3.3., la capa física consta de dos subcapas:

- La **subcapa de Medio Físico (PM, Physical Medium)**.
- La **subcapa de convergencia de transmisión (TC, Transmission Convergence)**.

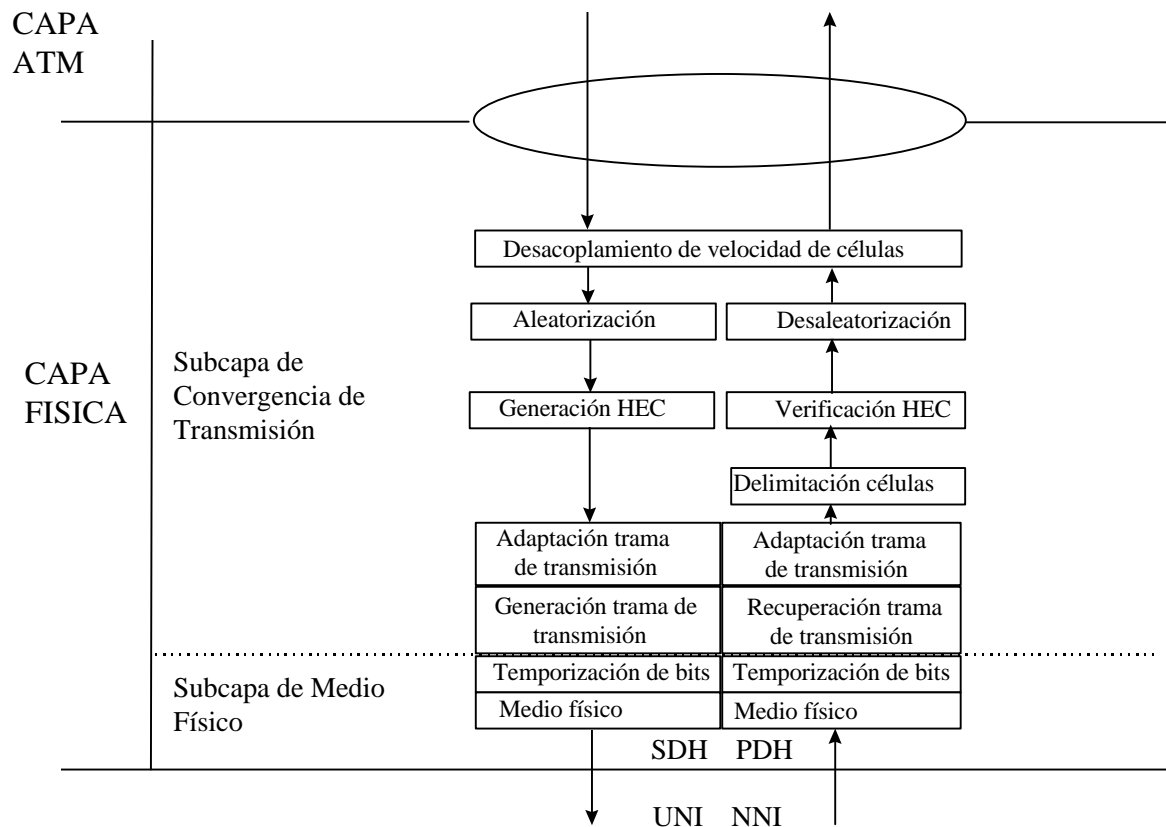


Figura 3.3. Funciones de la Capa Física.

La subcapa PM solo comprende funciones relacionadas con el medio físico, y la subcapa TC efectúa todas las funciones necesarias para transformar un flujo de células en un flujo de bits que pueda ser transmitido y recibido por un medio físico.

3.2.1. Funciones de la subcapa de medio físico.

La subcapa medio físico es la **responsable de la correcta transmisión y recepción de los bits en el adecuado medio físico**. Se pueden utilizar interfaces eléctricos u ópticos, incluyendo una transformación electro-óptica si es necesario. Se realizan dos funciones:

- Funciones de Medio Físico.
- Funciones de Temporización de los bits.

3.2.1.1. Medio Físico.

Las funciones de transmisión **dependen en gran medida del medio utilizado**.

En la tabla 3.1. se presentan los interfaces eléctricos y ópticos que se utilizan fundamentalmente, con la recomendación correspondiente donde se recogen las especificaciones del medio físico de cada interfaz (G.957 para los ópticos y G.703 para los eléctricos).

3.2.1.2. Temporización de los bits.

Esta función se encarga de la **inserción y extracción de la información de temporización de bits y de la codificación de línea**, de ser necesaria.

3.2.2. Funciones de la subcapa de convergencia de transmisión.

La subcapa de convergencia de transmisión es la responsable de las **funciones que transforman un flujo de células de la capa ATM en un flujo de datos (bits)** para la subcapa PM y viceversa.

Se realizan las siguientes funciones:

- Generación y recuperación de la trama de transmisión.
- Adaptación de la trama de transmisión.
- Delimitación de células (en recepción).
- Generación/verificación del control de errores de encabezamiento CEE (**HEC**, *Header Error Control*).
- Aleatorización/Desaleatorización de células
- Desacoplamiento de la velocidad de células.

Siendo las dos primeras funciones dependientes del sistema de transmisión utilizado, las otras funciones trabajan con el flujo de células ATM y son funcionalmente iguales para todos los sistemas de transmisión.

3.2.2.1. Generación y recuperación de la trama de transmisión.

Es la primera función de la subcapa de convergencia y **dependerá del sistema de transmisión utilizado**. Las células ATM , según el medio de transmisión utilizado, pueden ser transmitidas en diferentes tipos de tramas:

- **Trama basada en la JDS** con velocidades de 155,520 Mbit/s y 622,080 Mbit/s.
- **Trama basada en la JDP** con velocidades de 2,048 Mbit/s, 34,368 Mbit/s y 139,264 Mbit/s.
- **Tramas de células puras.**
- **En las redes de acceso se pueden utilizar diferentes sistemas:** sistemas de cable de pares trenzados (UTP, *Unshielded Twisted Pair*), redes Fibra-Coaxial (HFC: *Hybrid Fiber-Coaxial*, tipo FTTH *Fiber to the Home*, FTTC *Fiber to the Curb*), redes ópticas pasivas (PON, *Passive Optical Network*), sistemas ADSL (*Asymmetrical Digital Subscriber Line*) y HDSL (*High Digital Subscriber Line*), por par de abonado.

En los apartados siguientes se verá con detalle las estructuras de trama de la JDS y de la JDP , reflejándose en la tabla 3.1 algunos datos referentes a las mismas, que son las que se utilizan en las primeras etapas de implantación de las redes ATM.

3.2.2.2. Adaptación de la trama de transmisión.

Esta función realiza las acciones necesarias para **acomodar el flujo de células de acuerdo a la estructura de la cabida útil de la trama de transmisión utilizada** en el sentido de transmisión, y en el sentido de recepción para extraer las células de la trama de transmisión.

Los sistemas basados en la JDS y en la JDP se verán con detalle en los apartados siguientes, reflejándose en la tabla 3.1 algunas características y las recomendaciones a las que se ajustan cada uno de los interfaces.

Interfaz	JDS 622 O	JDS 155 O	JDS 155 E	JDP 140 E	JDP 34 E	JDP 2E
Velocidad física Mbit/s	622.080	155.520	155.520	139.264	34.368	2.048
Velocidad efectiva. Mbit/s	599.040	149.760	149.760	138.820	33.920	1.920
Velocidad efectiva células/s	1.412.830	353.207	353.207	327.405	80.000	4.528
Trayecto transmisión.	VC4-4c	VC4	VC4	G.832	G.832	G.704
Mapeado	I.432/G.707	I.432/G.707	I.432/G.707	G.804	G.804	G.804
Carácter. Físicas	G.957	G.957	G.703	G.703	G.703	G.703
Medio	G.652 fibras ópticas	G.652 fibras ópticas	Coaxial 75	Coaxial 75	Coaxial 75	Par trenzado 120 Coax 75
NNI	SI	SI	SI	SI	SI	NO
UNI	SI	SI	SI	NO	SI	SI

Tabla 3.1. Resumen características sistemas JDS y JDP.

3.2.2.3. Generación/verificación del control de errores de encabezamiento.

Si recordamos que el formato de una célula, tal y como se muestra en la figura 3.4, se divide en dos partes fundamentales, encabezamiento y carga útil, vemos que el quinto byte es el de control de errores del encabezamiento (HEC header error control). **Este byte tiene como misión detectar si existen errores en los cuatro bytes anteriores, y, si se puede, corregirlos.** El código empleado para esta función es capaz de:

- la **corrección de errores de un solo bit**,
- la **detección de errores de varios bits**.

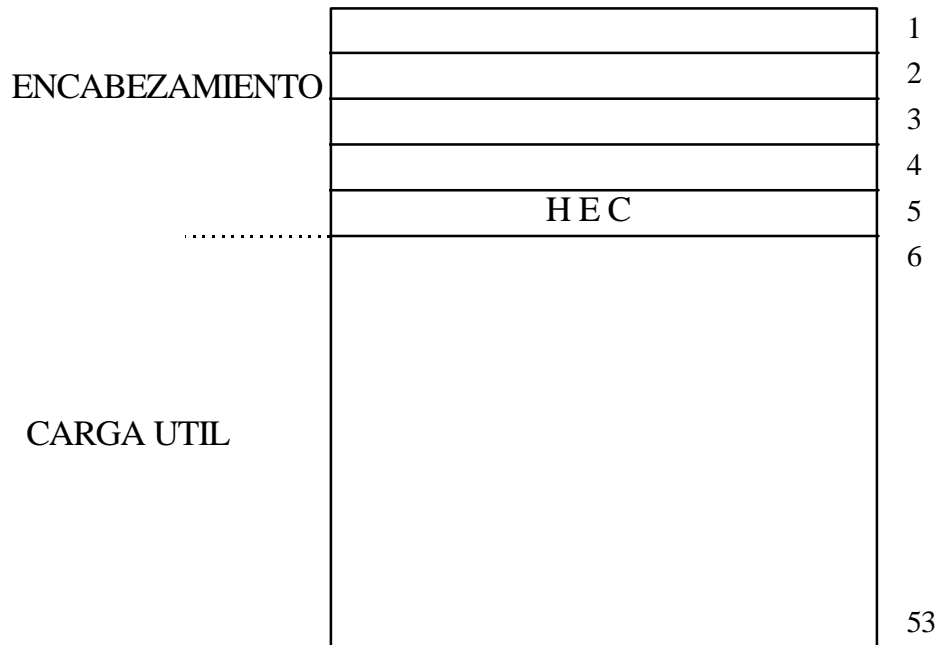


Figura 3.4. Formato de célula.

Así, el lado transmisor calcula el valor del campo HEC en función de los cuatro primeros bytes de la célula, según veremos luego, y lo coloca en el quinto byte; el receptor examina el encabezamiento de cada célula y se comporta siguiendo el diagrama de estados que se ve en la Figura 3.5, a saber:

En el **modo corrección**, que es el modo por defecto, se actúa de la siguiente forma:

- No se detecta ningún error; no hay actuación y permanece en el modo corrección.
- Se detecta un error en un solo bit; se corrige y se pasa al modo detección.
- Se detectan errores en varios bits; se descarta la célula y se pasa al modo detección.

En el **modo detección** se actúa de la siguiente forma:

- No se detecta ningún error; no hay actuación y se pasa al modo corrección.
- Se detecta un error, en un solo bit o en varios; se descarta la célula y permanece en el modo detección.

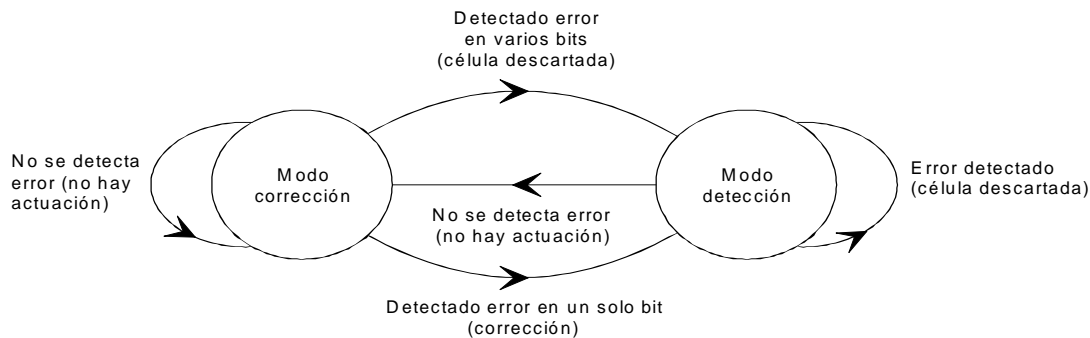


Figura 3.5. HEC: Modos de operación del receptor.

En resumen la función de protección contra errores ofrecida por HEC permite la recuperación tras errores de bit simples en el encabezamiento, descartando las células que tienen errores y no pueden corregirse. Así **se asegura una baja probabilidad de entrega de células con encabezamiento erróneo** cuando se producen errores en ráfaga. Las características de error de los sistemas de transmisión de fibra óptica están constituidas por una mezcla de errores de bit simples y ráfagas de errores relativamente grandes.

Para la generación de la secuencia de control de errores del encabezamiento el transmisor calcula el valor de HEC para la totalidad del encabezamiento de la célula ATM, salvo el HEC, e inserta el resultado en el campo apropiado del encabezamiento. Para ello el encabezamiento, salvo el campo HEC, se representa como un polinomio de n (32) elementos, que puede ser de hasta grado $n-1$ (31) utilizando el primer bit del encabezamiento como coeficiente del término de orden más alto. Después se multiplica por x^8 y se divide por el polinomio generador $x^8 + x^2 + x + 1$. El resto resultante se transmite como el HEC de 8 bits.

Para mejorar considerablemente el funcionamiento de la delimitación de célula cuando se producen deslizamientos de bit, se recomienda lo siguiente:

- los bits de comprobación calculados mediante el polinomio de comprobación se suman (en módulo 2) a un esquema de ocho bits (el

- esquema recomendado es «01010101» el bit de la izquierda es el más significativo) antes de insertarse en el último octeto del encabezamiento;
- el receptor debe restar (equivalente a sumar en el módulo 2) el mismo esquema de 8 bits antes de calcular el HEC del encabezamiento.

3.2.2.4. Desacoplamiento de la velocidad de células.

El desacoplamiento de velocidad de células comprende la inserción y supresión de células en reposo (idle cells) con el fin de **adaptar la velocidad** de las células ATM válidas a la capacidad de cabida útil del sistema de transmisión.

Las células en reposo no dan lugar a ninguna operación en el nodo receptor, exceptuada la delimitación de célula e incluida la verificación de HEC. Las mismas se identifican por el esquema normalizado del encabezamiento de célula que se muestra en la tabla 3.2.

	Octeto 1	Octeto 2	Octeto 3	Octeto 4	Octeto 5
Esquema de encabezamiento	00000000	00000000	00000000	00000001	HEC = Código válido 01010010

Tabla 3.2. Encabezamiento de células en reposo.

El contenido del campo de información es «01101010» repetido 48 veces.

3.2.2.4. Delimitación de células.

La delimitación de células es el proceso que prepara el flujo de células con el fin de que el lado receptor pueda **determinar las fronteras de la célula**.

La delimitación de célula se efectúa utilizando la correlación entre los bits de encabezamiento que han de protegerse (32 bits) y los bits de control correspondientes (8

bits) introducidos en el encabezamiento por el control de errores de encabezamiento (HEC).

En la figura 3.6. se representan los diagramas de estados de la delimitación de células, que se describen a continuación:

- En el **estado BÚSQUEDA**, el proceso de delimitación se realiza verificando bit por bit para HEC correcto para el supuesto campo de encabezamiento. Una vez encontrada una concordancia, se supone que se ha hallado un encabezamiento y el método pasa al estado PRESINCRONIZACIÓN. Cuando se dispone de fronteras de octeto dentro de la capa física receptora antes de la delimitación de célula, como en el caso de la interfaz basada en JDS, el proceso de delimitación de célula puede realizarse octeto por octeto.
- En el **estado PRESINCRONIZACIÓN**, el proceso se realiza verificando célula por célula para el HEC correcto. El proceso se repite hasta que el HEC correcto ha sido confirmado DELTA veces (se ha sugerido 6 para JDS) consecutivas pasándose entonces al estado de SINCRONIZACIÓN. Si se encuentra un HEC incorrecto, el proceso vuelve al estado BÚSQUEDA.
- En el **estado SINCRONIZACIÓN**, se supone que se ha perdido la delimitación de célula si se obtiene un HEC incorrecto ALFA (se ha sugerido 7 para JDS) veces consecutivas, pasando entonces al estado BÚSQUEDA.

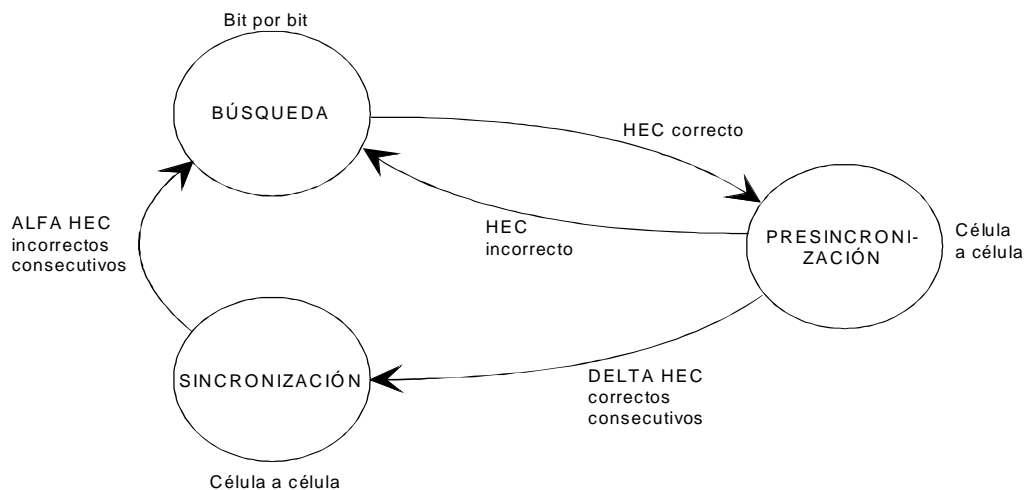


Figura 3.6. Diagrama de estados de la delimitación de célula.

3.2.2.5. Aleatorización/desaleatorización de células.

La aleatorización se utiliza para mejorar la **seguridad y resistencia del mecanismo de delimitación de célula HEC**. Además, ello contribuye, al aleatorizar los datos del campo de información, a mejorar la calidad de transmisión.

Cualquiera que sea la especificación del aleatorizador (en JDS se utiliza el polinomio $x^{43} + 1$), no debe modificar la estructura del encabezamiento, incluido el HEC, y el algoritmo de delimitación de célula. Para ello la operación de este aleatorizador en relación con el diagrama de estados de la delimitación de célula HEC, es como sigue:

- Se aleatoriza únicamente los bits del campo de información;
- Durante el encabezamiento de cinco octetos, se suspende la operación del aleatorizador y se retiene su estado;
- En el estado de BÚSQUEDA, el desaleatorizador está inhabilitado;
- En los estados de PRESINCRONIZACIÓN y de SINCRONIZACIÓN, el desaleatorizador está habilitado durante un número de bits igual a la longitud del campo de información, y vuelve a ser inhabilitado durante el encabezamiento supuesto siguiente.

Las funciones de la capa física clasificadas dentro de las dos subcapas en que se divide son:

La subcapa de Medio Físico

Funciones de Medio Físico.

Funciones de Temporización de los bits.

La subcapa de convergencia de transmisión

Generación y recuperación de la trama de transmisión.

Adaptación de la trama de transmisión.

Delimitación de células.

Generación/verificación del control de errores de encabezamiento.

Aleatorización/Desaleatorización de células

Desacoplamiento de la velocidad de células.

3.3. INTRODUCCION A LA JERARQUIA DIGITAL SINCRONA (JDS).

La **Jerarquía Digital Plesiócrona (JDP)**, aunque útil, **tiene importantes limitaciones** que la hacen no ser idónea para las actuales y futuras redes de gran capacidad, entre estas limitaciones podemos destacar:

- **Inflexibles y costosas:** El acceso a cualquier señal tributaria no puede obtenerse sin antes desmultiplexar toda la señal de línea (etapa a etapa) hasta el nivel apropiado, y lo mismo pasa para insertar una señal tributaria en una señal de línea para lo que hay que volver a recorrer todo el escalafón de multiplexación, con los costes que esto representa.
- **Posibilidades sumamente limitadas de gestión y mantenimiento de la Red:** Cuando se diseñaron originalmente los procedimientos de gestión y mantenimiento se basaban en la interconexión manual y en técnicas de comprobación fuera de servicio. Por tanto no se pensó en una capacidad sobrante en las estructuras de trama para estas tareas, lo que limita seriamente las mejoras de gestión y mantenimiento que puedan incorporarse para dar soporte a una futura red.
- **Los sistemas de alta velocidad son propietarios:** No existen normas comunes, los distintos fabricantes disponen de equipos propietarios por lo que no es posible la interconectividad.

Con objeto de hacer una norma mundial para redes síncronas de telecomunicación de alta velocidad, que fuera flexible y económica para los operadores de comunicaciones, el CCITT (hoy UIT-T) empezó los trabajos en junio del 86, y en noviembre del 88 se aprobaron las primeras normas (G.707,G.708,G.709 hoy refundidas en la G.707) de la **Jerarquía Digital Síncrona (JDS o SDH Synchronous Digital Hierarchy)**.

Las principales ventajas de la JDS se pueden resumir en las siguientes:

- **Flexible y económica:** Las normas JDS se basan en los principios de multiplexación directa síncrona (entrelazado síncrono de octetos en vez de entrelazados de bits con justificación de la JDP). Así, como se observa en la figura 3.7, las distintas señales tributarias pueden multiplexarse/demultiplexarse directamente en una señal JDS de mayor/menor velocidad sin etapas intermedias de multiplexación.
- **Gran capacidad para funciones avanzadas de gestión y mantenimiento:** Se reserva gran parte (aproximadamente el 5%) de la estructura de trama de transmisión para estos fines.

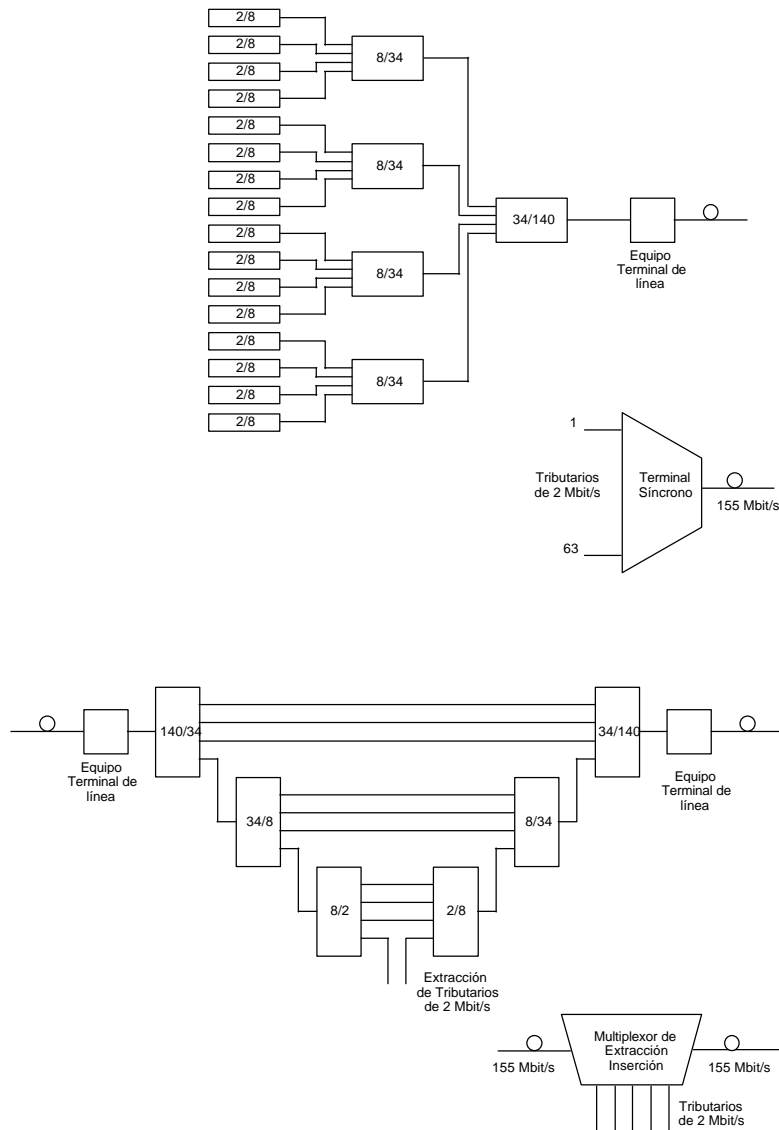


Figura 3.7. Multiplexación en JDS y JDP.

- **Posibilita el transporte de señales existentes y futuras:** La señal JDS puede transportar todas las señales tributarias habituales existentes en las actuales redes de telecomunicación. Por lo tanto puede desplegarse como un nivel superpuesto a las redes actuales proporcionando una gran flexibilidad y teniendo capacidad para dar cabida a los nuevos tipos de señales de servicios que se deseen añadir en el futuro.
- **Facilita el empleo de distintas estructuras de red:** Punto a punto, bus y anillo según se precise en la topología de red donde se esté utilizando (red corporativa, red de acceso, red de tránsito, red de largo alcance).

- **Normalización:** El hecho de que la JDS aporte una única norma común para la red de telecomunicaciones permite interconectar directamente equipos de distintos fabricantes (compatibilidad transversal), con la economía de costes que esto representa.
- **Muy apropiada para transporte del ATM:** Presenta una estructura de transporte digital ideal para las células en que se basa el Modo de Tránsito Asíncrono (ATM) soporte de la futura Red Digital de Servicios Integrados de Banda Ancha (RDSI-BA).

En la tabla 3.3 se incluye una comparación de niveles jerárquicos y velocidades de transmisión de los diferentes sistemas de transmisión. En ella se incluye la red síncrona americana SONET (*Synchronous Optical Network*), cuya aparición fue anterior a la JDS y cuyos niveles jerárquicos de multiplexación reciben el nombre de Conexión Óptica (*Optical Connection OC, STS Synchronous Transport Signal*), ya que todas las conexiones entre equipos se suponen ópticas, y cuyos niveles OC3, OC12 y OC48 coinciden con las velocidades síncronas que se han definido al implantar la JDS.

PDH						SDH		SONET	
USA		JAPON		EUROPA					
Nivel	Vel. Bit/s	Nivel	Vel. Bit/s	Nivel	Vel.Bit/s	Nivel	Vel. Bit/s	Nivel	Vel. Bit/s
1	1.544	1	1.544	E1	2.048			OC-1,STS-1	51.840
2	6.312	2	6.312	E2	8.448	STM-1	155.520	OC-3,STS-3	155.520
3	44.736	3	32.064	E3	34.368			OC-9,STS-9	466.560
		4	97.728	E4	139.264	STM-4	622.080	OC-12	622.080
								OC-18	933.120
								OC-24	1.244.160
								OC-36	1.866.240
						STM-16	2.488.320	OC-48	2.488.320
						STM-64	9.953.280		

Tabla 3.3. Comparación entre diferentes sistemas de transmisión.

La Jerarquía Digital Síncrona permite el diseño de redes de telecomunicación de alta velocidad y flexibles, pues está basada en la multiplexación directa síncrona, con funciones avanzadas de gestión y mantenimiento y que permiten la interconectividad de equipos de distintos fabricantes al tener una norma común. Además presenta una estructura de transporte ideal para las células del ATM.

3.3.1. Conceptos básicos.

Aunque en los apartados siguientes veamos la estructura de trama de una señal síncrona con más detalle, básicamente la JDS define como primer escalón jerárquico la velocidad de 155 520 Kbit/s denominada **Modulo de Transporte Síncrono (STM-1 Synchronous Transport Module)**, que es el eslabón de unión con la JDP y que se muestra en la figura 3.8. representándose mediante un mapa bidimensional.

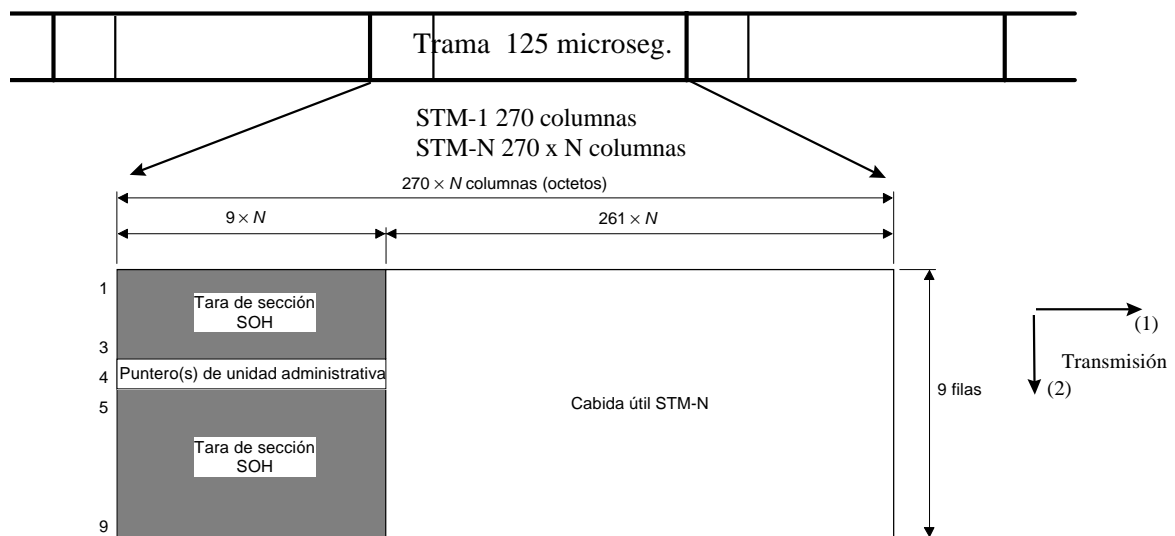


Figura 3.8. Estructura trama básica JDS.

Básicamente esta estructura de trama STM-1, que se repite cada 125 microsegundos, se compone de dos elementos diferenciados:

- **Contenido útil de información:** donde se disponen, en un “contenedor virtual”, las distintas señales tributarias (como puede ser una de 140 Mbit/s) para su transmisión extremo a extremo a través de la red JDS. Normalmente esta señal se ensambla en el punto de entrada a la red síncrona y se desensambla en el punto de salida.
- **Taras:** En cada trama de transporte se asigna cierta capacidad adicional utilizada para el manejo de la red (monitorización de alarmas, monitorización de errores de bit, canales de datos de comunicaciones) y permitir el transporte de un contenedor virtual entre los nodos de una red síncrona. Las funciones de las mismas se encuentran

divididas en tres capas, como se refleja en la figura 3.9, que son: Sección de Regeneración, Sección de multiplexado y el Trayecto o Ruta.

A partir de la velocidad básica de 155Mbit/s, se obtienen las velocidades de orden superior de la JDS mediante la multiplexación síncrona de octetos, es decir multiplicando por números enteros la velocidad del primer nivel STM-1. Se han definido capacidades de STM-4 (622 Mbt/s) y el STM-16 (2,4 Gbit/s).y STM-64 (9,6 Gbit/s).

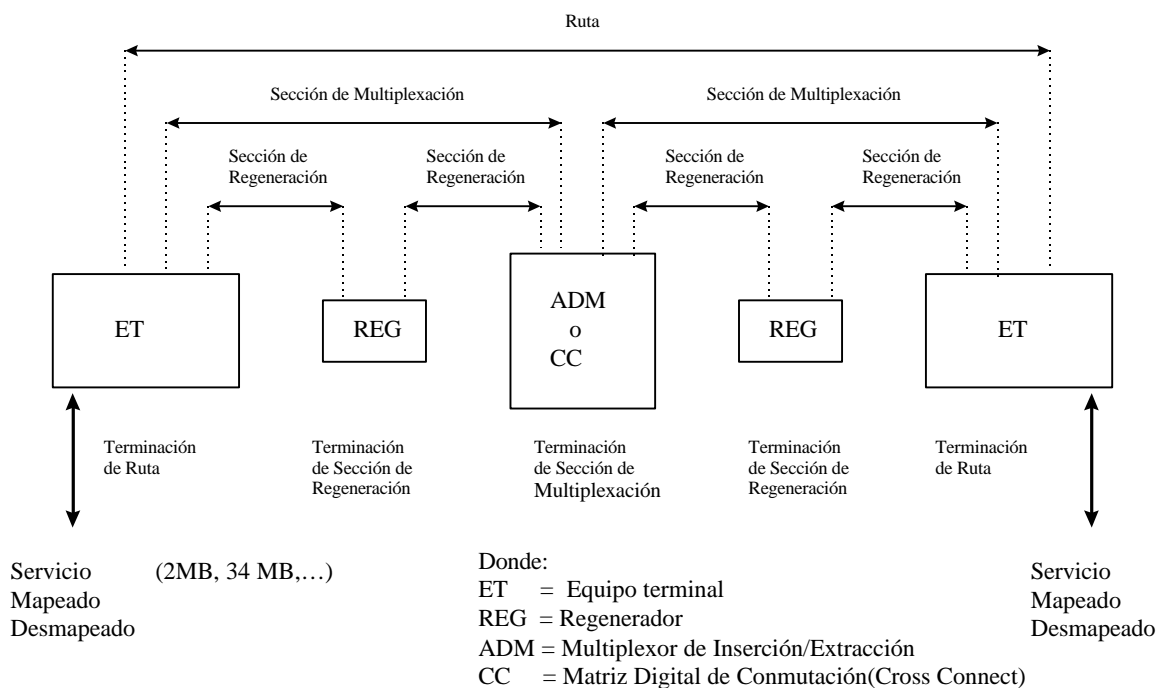


Figura 3.9. Sección de Regeneración, Sección de Multiplexación y Ruta.

3.3.2. Terminología y definiciones.

En este apartado se describen los principales conceptos y definiciones de la JDS, empezando por el mismo término de JDS. En la figura 3.10 se muestra un resumen de asociaciones entre algunos de los diferentes conceptos que vamos a ver.

- **Jerarquía Digital Síncrona** : Según la ITU, la JDS es un conjunto jerárquico de estructuras de transporte digitales, normalizadas para el transporte por redes de transmisión físicas de cabidas útiles correctamente adaptadas.
- **Contenedor (C Container)** : Es una unidad de capacidad útil de información. Se han definido un número de contenedores normalizados, dimensionados para poder transportar cualquiera de las velocidades de la JDP con la siguiente correspondencia.

CONTENEDOR	VELOCIDAD (Mbit/s)
C-11	1,544
C-12	2,048
C-2	6,312
C-3	34,368 / 44,736
C-4	139,264

- **Contenedor Virtual (VC Virtual Container)** : Se forma añadiendo a un contenedor la información de Tara de trayecto (POH, *Path Overhead*) dando lugar a los VC-11, VC-12, VC-2, VC-3 y VC-4. Los VC-3 y VC-4 (Contenedores Virtuales de orden superior) también se pueden formar con un Grupo de Unidades Afluentes más la tara de trayecto.

Los contenedores virtuales pueden acomodar en su interior otros de orden inferior, pero de forma que cada uno mantiene su independencia y se mantiene intacto mientras circula por la red, permitiendo su gestión en los Nodos de Red. También se pueden agrupar (concatenar) para transportar señales de mayor ancho de banda, e incluso permitirán transportar en el futuro señales hoy en día no definidas.

- **Puntero**: Indicador cuyo valor define el desplazamiento de la trama de un contenedor virtual con respecto a la referencia de trama de la entidad de transporte sobre la que es soportado. Permiten también absorber, mediante un mecanismo de justificación, las diferencias de frecuencias entre las diferentes señales que forman un STM-N.
- **Unidad afluyente (TU Tributary Unit)** : Se forma completando un contenedor virtual con un puntero de unidad afluyente que señala el desplazamiento del comienzo de la trama de cabida útil con relación al comienzo de la trama del contenedor virtual de orden superior.

Es decir la TU-n (n=1, 2, 3) consta de un VC-n junto con un puntero de unidad afluyente.

- **Grupo de Unidades Afluentes (TUG Tributary Unit Group)** : Es un conjunto de TUs iguales: Un TUG-2 consta de un conjunto homogéneo de TU-1 idénticas o de una TU-2, y un TUG-3 consta de un conjunto homogéneo de TUG-2 o de una TU-3.
- **Unidad Administrativa (AU Administrative Unit)** : Se forma completando un contenedor virtual de orden superior con el puntero de unidad administrativa. Este puntero indica la fase del VC con respecto a la trama STM-N.

Se definen dos AUs: AU-4 y AU-3: La AU-4 consiste en un VC-4 más un puntero de AU. La AU-3 consiste en un VC-3 más un puntero de AU.

- **Grupo de Unidades Administrativas (AUG Administrative Unit Group)** : Es un conjunto de unidades administrativas iguales. Un AUG puede estar formado por un solo AU-4 o por tres AU-3.
- **Sección** : Es un tramo de la red de transmisión delimitado por dos equipos terminales. La señal que viaja por una sección es un STM-N. En los extremos de las secciones es donde se inserta o extrae la tara de sección.
- **Trayecto** : Es el tramo de la red de transmisión comprendido entre los puntos de ensamblado y desensamblado de los VCs. Normalmente transcurrirá a través de más de una sección.
- **Tara de trayecto (POH Path Overhead) y Tara de Sección (SOH Section Overhead)** : Son octetos reservados para información del sistema (tara). Algunos de estos octetos están asignados a cada CV concreto y se denominan Tara de Trayecto. Los restantes octetos están asignados al STM y se denominan Tara de Sección.

La información contenida en las taras se utiliza básicamente para monitorización de la calidad, detección de fallos , gestión de alarmas, canales de comunicaciones, canales de datos, etc.

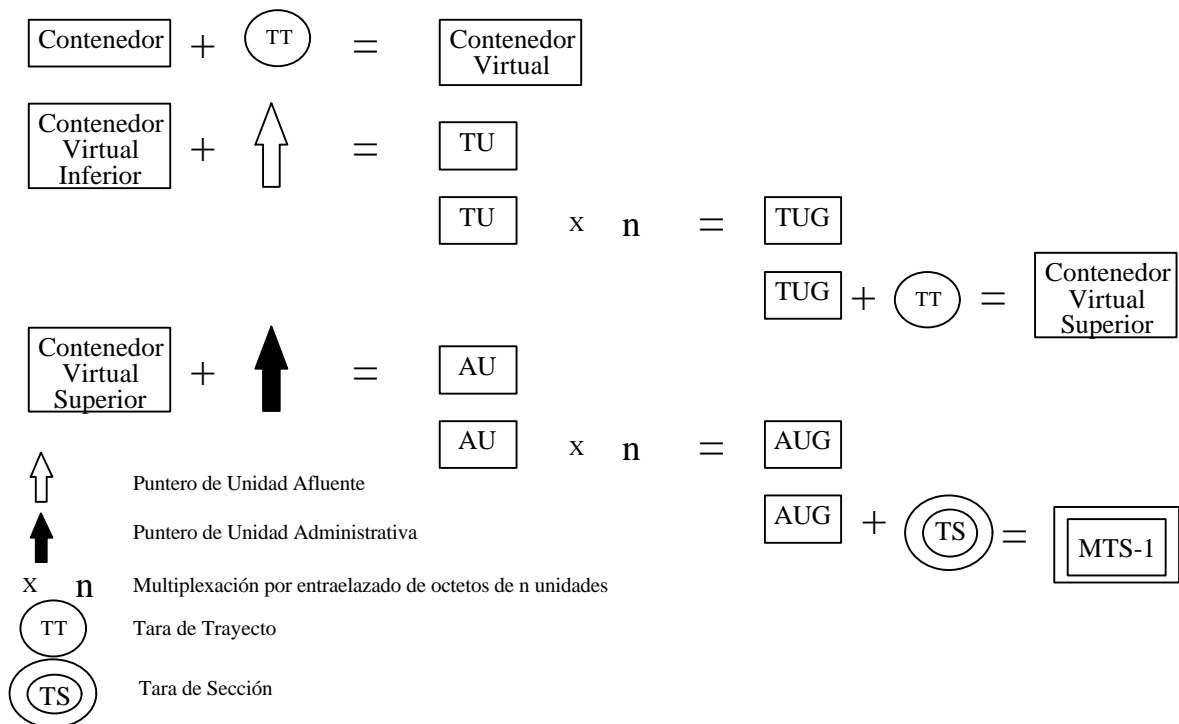


Figura 3.10. Resumen de Asociaciones en la JDS.

- **Mapeado** (Entramado) : Es un proceso que consiste en adaptar, dentro de los contenedores virtuales, las señales JDP, las células ATM u otras señales. Para ello, cada señal se coloca en un contenedor de tamaño adecuado y se completa con la tara de trayecto.
- **Alineamiento** : Mediante esta operación se obtiene un TU o AU a partir del VC correspondiente, añadiendo al VC el puntero de TU o de AU.
- **Multiplexación** : La multiplexación consiste en combinar, por un procedimiento de entrelazado de octetos, varios TU para formar un TUG, o varios TUG para formar otro TUG o VC de orden superior.

3.3.3. Principios Básicos de Multiplexación.

En la figura 3.11 se representa el esquema de multiplexación definido por la UIT_T.

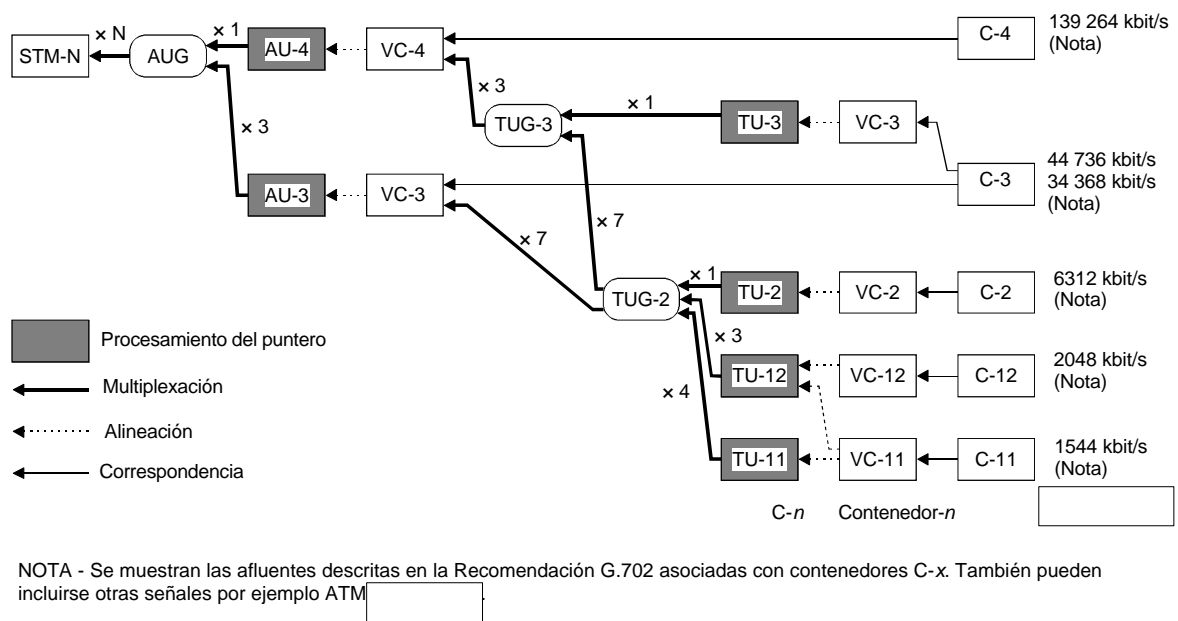


Figura 3.11. Esquema de multiplexación de la UIT-T.

De la observación del esquema de multiplexación, podemos destacar los siguientes hechos como más significativos:

- La capacidad de la señal STM-1 asegura que puede utilizarse para transportar una señal plesiócrona de 140 Mbit/s.
- En una señal STM-1 (155 Mbit/s) se pueden multiplexar como máximo 63 grupos de 2 Mbit/s , mientras que en la señal plesiócrona equivalente (140 Mbit/s) se pueden

multiplexar 64 grupos . Esto es debido a la gran cantidad de información destinada a gestión que transporta la señal STM-1 (taras de sección y taras de trayecto).

- El contenedor C-3 se usa tanto para la señal a 45 Mbit/s americana como para la señal a 34Mbit/s europea. Esto hace que en una señal STM-1 se puedan multiplexar como máximo 3 grupos a 34 Mbit/s mientras que en la señal plesiócrona equivalente (140 Mbit/s) se pueden multiplexar 4 grupos de 34 Mbit/s. Al no estar optimizado para el transporte de grupos de 34 Mbit/s este uso se deberá restringir a los casos estrictamente necesarios.
- La señal de 8 Mbit/s no tiene cabida en la estructura de multiplexación de la JDS.

El ETSI (European Telecommunications Standards Institute) ha restringido por su parte algunas opciones normalizando un esquema de multiplexación para Europa que se muestra en la figura 3.11 bis. Esto no significa incompatibilidad con el estándar de la UIT, sino que del conjunto total de posibilidades unas se definen como mandatorias y el resto como opcionales.

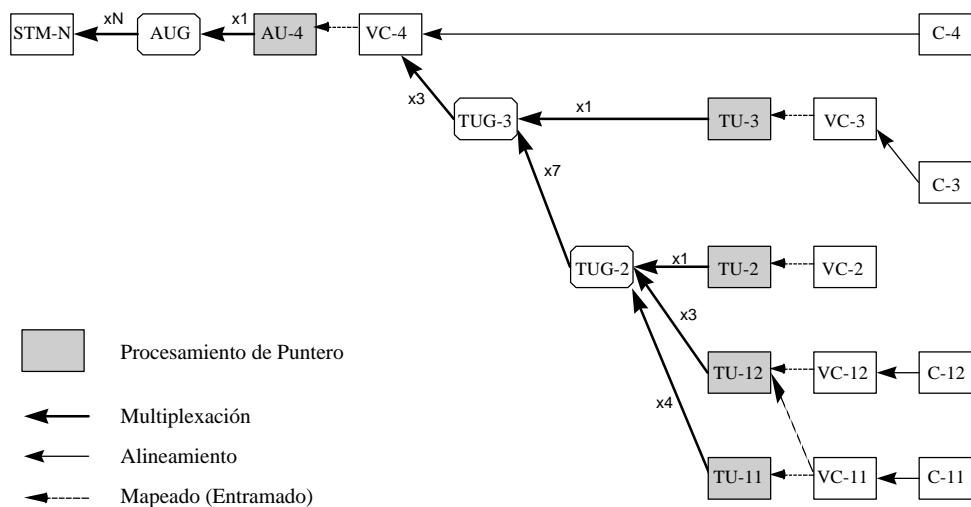


Figura 3. 11bis. Esquema de multiplexación del ETSI.

La principal diferencia con la estructura de la UIT es que no se emplea la Unidad Administrativa de nivel 3 (AU-3), de esta forma todos los grupos digitales (2, 34, 140 Mbit/s) pasan a formar un VC-4 y este a su vez forma un AU-4.

De la estructura de multiplexación se deduce que con los niveles jerárquicos europeos una señal STM-1 se puede completar, además de con otro tipo de señales como el ATM, con las siguientes combinaciones de niveles de la JDP.

	2 Mbit/s	34 Mbit/s	140 Mbit/s
Opción 1	0	0	1
Opción 2	0	3	0
Opción 3	21	2	0
Opción 4	42	1	0
Opción 5	63	0	0

3.3.4. Estructura de Trama Básica.

La señal JDS de **nivel básico se denomina Módulo de Transporte Síncrono de nivel 1 (STM-1)**. Un mapa bidimensional de la trama de señal STM-1 consta de 9 filas por 270 columnas, lo cual aporta una capacidad total de señal de 2430 bytes (19440 bits por trama). La tasa de repetición es de 8000 tramas por segundo (obsérvese que cada byte de la trama JDS representa un ancho de banda ,8 bits/byte x 8000 bytes/s = 64 Kbit/s, igual al de un canal de un MIC) por lo que la duración de la trama es de 125 microsegundos, y la velocidad resultante es de 155,520 Mbit/s.

La estructura de la trama STM-1 se representa en la figura 3.12 y consta de:

- Tara de Sección (SOH)
 - Tara de Sección de Regeneración (RSOH)
 - Tara de Sección de Multiplexación (MSOH)
- Punteros de Unidad Administrativa (AU-Pointers)
- Carga Util

SEÑAL BASICA STM-1

Longitud total : 2430 octetos (9 filas x 270 columnas)
 Duración: 125 microseg.
 Velocidad binaria: 155,520 Mbit/s

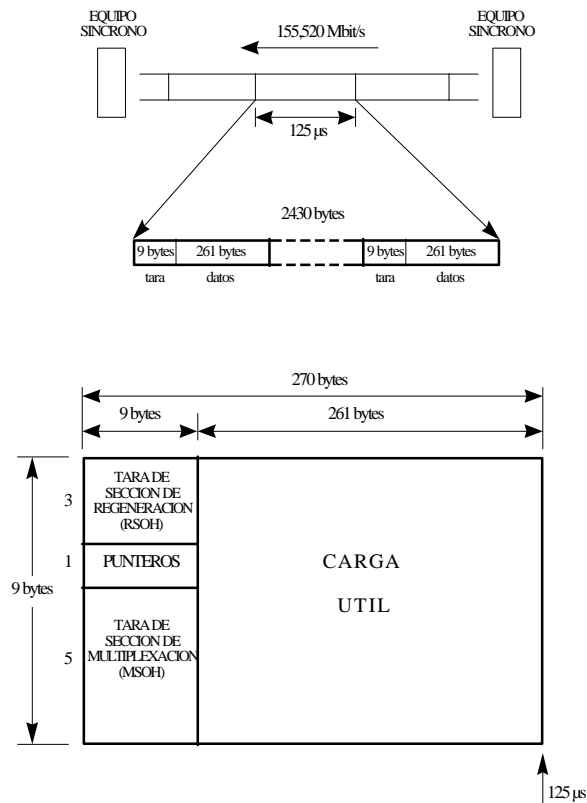


Figura 3.12. Estructura de trama STM-1.

La carga útil puede constar de un AU-4 o tres AU-3, como se observa en la Figura 3.13.

Como ya se ha indicado en el esquema europeo solo se usa el AU-4, que consta de un VC-4 más un puntero. El VC-4 puede ser a su vez soporte de otros contenedores de menor orden. A modo de ejemplo, en la figura 3.13 se representa un VC-4 que contiene tres VC-3 y otro VC-4 que contiene 63 VC-12.

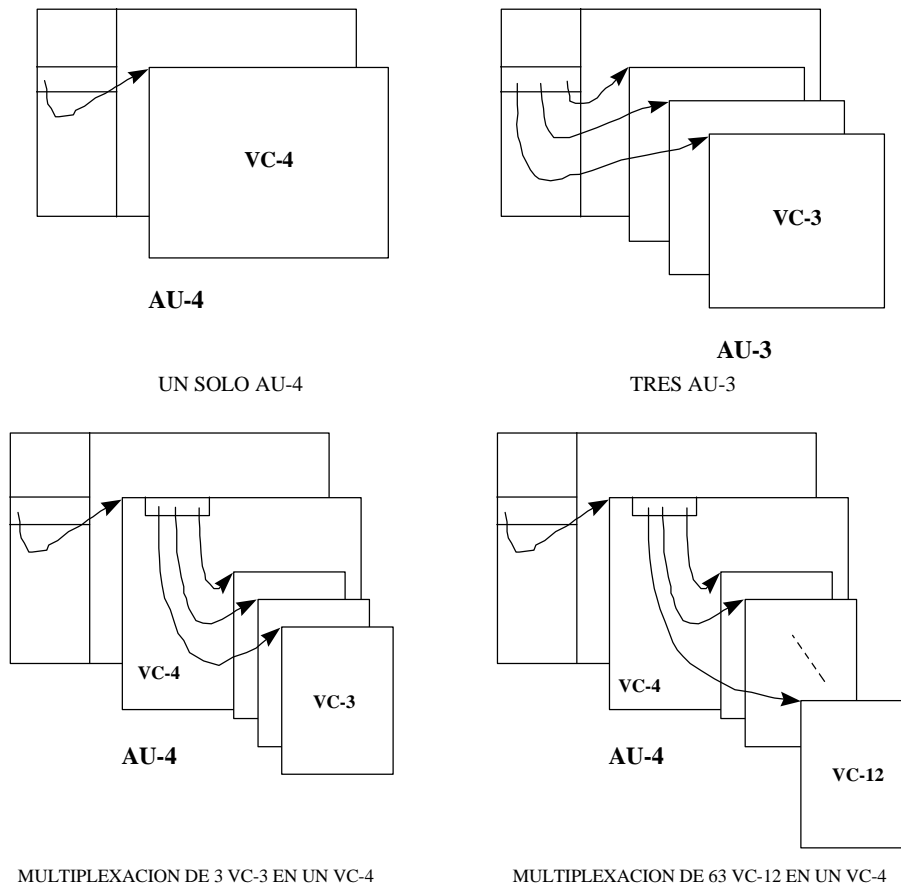


Figura 3.13. Carga útil del STM-1.

3.3.5. Estructura de la Trama STM-N.

Como hemos visto el primer nivel de la jerarquía digital síncrona es de 155.520 Mbit/s. Las velocidades binarias de jerarquía digital síncrona superiores se obtendrán como múltiplos enteros de esta velocidad binaria de primer nivel y se indicarán mediante el correspondiente factor de multiplicación.

Las velocidades binarias indicadas en el siguiente tabla 3.2. constituyen la jerarquía digital síncrona:

Nivel de jerarquía digital síncrona	Velocidad binaria jerárquica (kbit/s)
1	155 520
4	622 080
16	2 488 320
64	9 953 280
NOTA - La especificación de niveles superiores a 64 queda en estudio.	

Tabla 3.2. Velocidades binarias jerárquicas SDH.

El método que se utiliza para obtener la señal de orden superior es el de **multiplexación por entrelazado de octetos** (bytes). Con objeto de mantener una estructura uniforme, cuando se multiplexan señales STM-N el entrelazado se hace por bloques de N octetos.

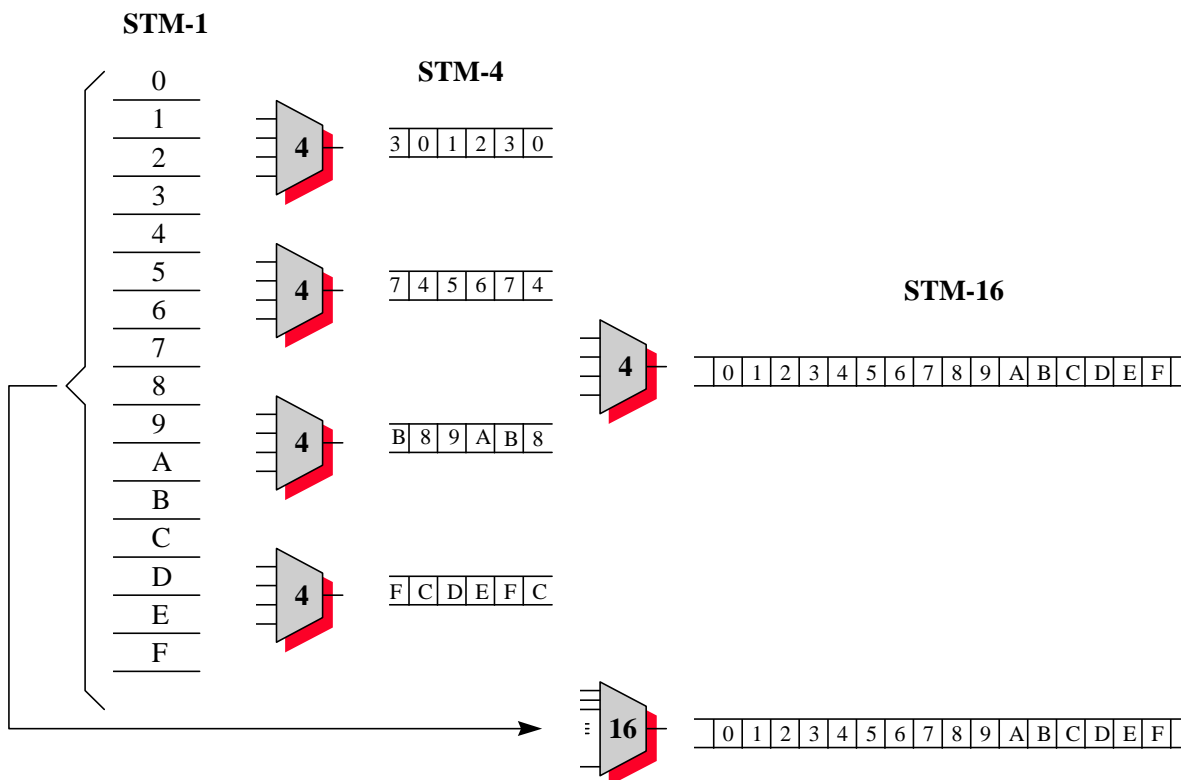


Figura 3.14. Obtención de un STM-16 a partir de STM-1 ó 4 STM-4.

En la figura 3.14 se puede ver un ejemplo de lo indicado anteriormente: si multiplexamos 4 señales STM-4 para obtener una señal STM-16, vemos cómo se hace un entrelazado por bloques de 4 octetos. Se consigue de esta forma que las señales STM-16 obtenidas mediante multiplexado directo de 16 STM-1 ó mediante multiplexado de 4 STM-4, sean idénticas.

La estructura de la trama STM-N es similar a la de la señal STM-1, repitiéndose también cada 125 microsegundos. Se forma por multiplexación de las Unidades Administrativas mediante el entrelazado de bytes y añadiendo la Tara de Sección correspondiente. En la figura 3.15 se representa la estructura de la trama STM-4.

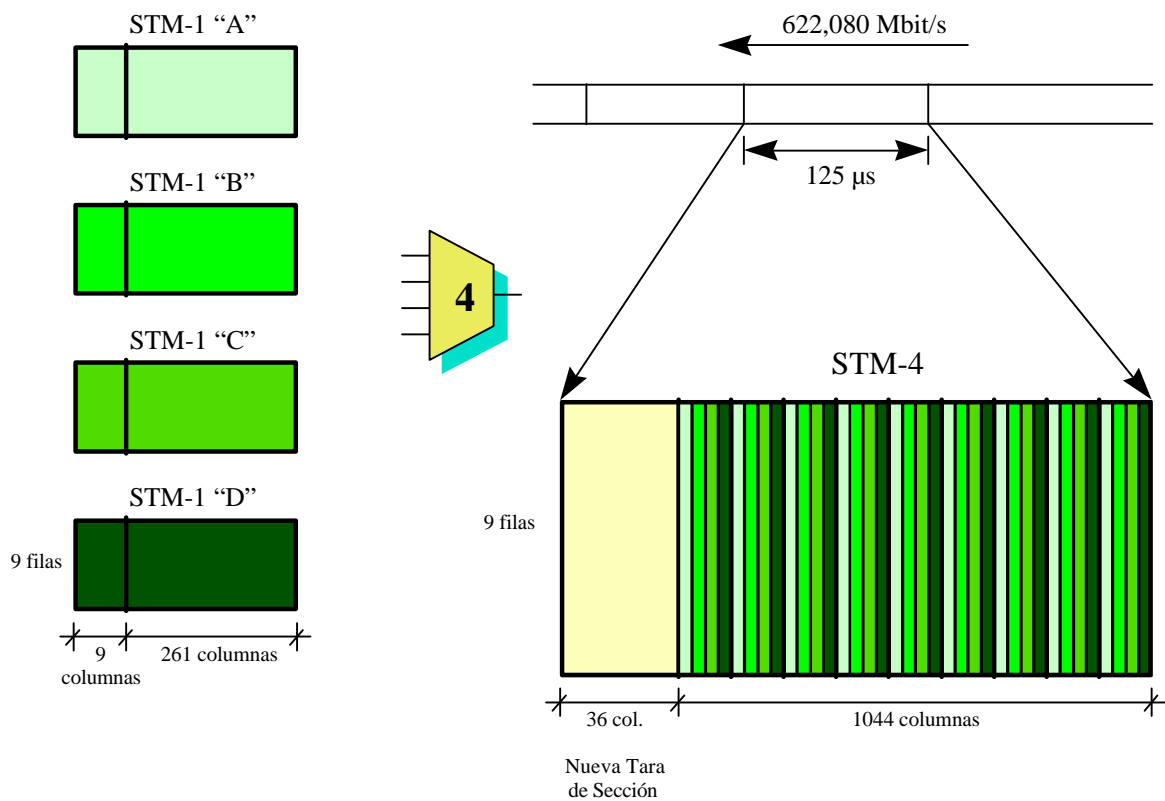


Figura 3.15. Estructura de trama de STM-4.

La señal STM-N se forma por multiplexación de las Unidades Administrativas, mediante el entrelazado de bytes, y añadiendo la Tara de Sección correspondiente.

3.3.6. Taras: Descripción y Funcionalidad.

Las Taras (Overhead) **soportan información del propio sistema**. La información contenida en las taras incluye:

- Información para el mantenimiento (detección de fallos, gestión de alarmas, canales de comunicaciones, canales de datos, etc.).
- Información para la supervisión de la calidad de funcionamiento (detección de errores, integridad de la comunicación entre puntos extremos de trayecto, etc).
- Otras funciones operacionales.

Se han identificado varios tipos de taras para su aplicación en la JDS: las taras que se asignan a los contenedores virtuales se denominan **Tara de Trayecto**, y la tara que se asigna a la señal STM se denomina **Tara de Sección**, que a su vez se compone de Tara de sección de Regeneración (**RSOH Regenerator Section Overhead**) y Tara de Sección de Multiplexación (**MSOH Multiplex Section Overhead**)

En los apartados siguientes describiremos con detalle cada una de las diferentes taras, pero antes se pueden observar en la figura 3.16 los segmentos en que se divide una red, y a qué segmento pertenece cada tara.

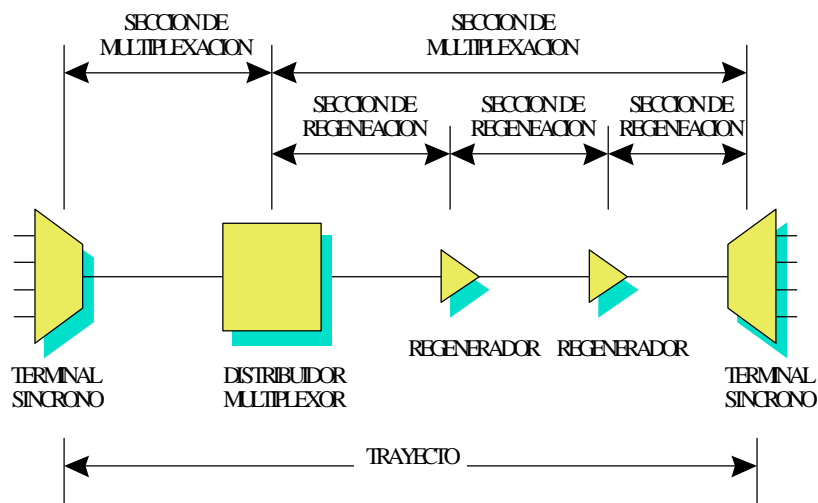


Figura 3.16. Diferentes segmentos de una red de transmisión.

TIPOS DE TARAS (OVERHEAD)

TARA DE SECCION (SOH)

Tara de Sección de Regeneración (RSOH)

Tara de Sección de Multiplexación (MSOH)

TARA DE TRAYECTO (POH)

Tara de trayecto de VC de orden superior (POH del VC-4/VC-3)

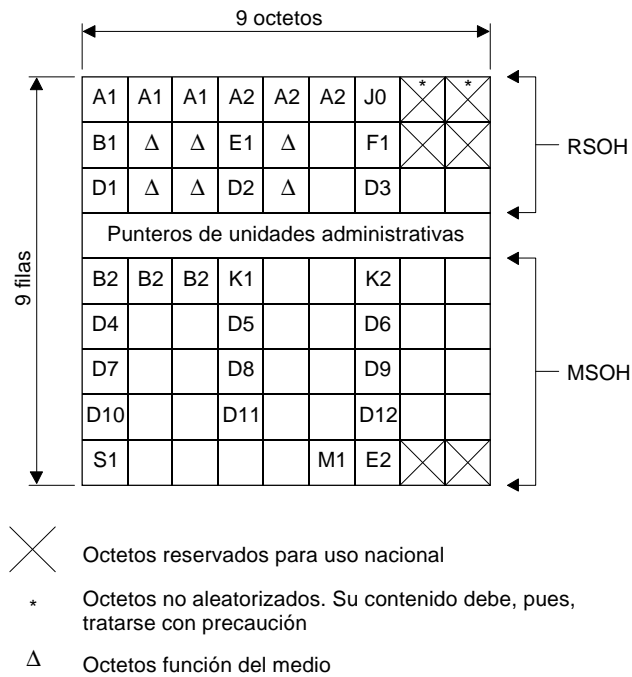
Tara de trayecto de VC de orden inferior (POH del VC-3/VC-2/VC-1)

3.3.6.1. Descripción de la Tara de Sección (SOH).

La información de SOH se **añade a la cabida útil de información para crear un STM-N**. Incluye información de alineación de trama de bloques e información para el mantenimiento y la supervisión de la calidad de funcionamiento y otras funciones operacionales.

Tal y como se muestra en la figura 3.17, la información de SOH se clasifica además en:

- Tara de Sección de Regeneración (RSOH), que se termina en los regeneradores. Las filas 1 a 3 de la SOH se designan como RSOH.
- Tara de Sección de Multiplexación (MSOH), que pasa transparentemente a través de los regeneradores y se termina allá donde los Grupos de Unidades Administrativas (AUG) son ensamblados y desensamblados. Las filas 5 a 9 se designan de modo que sean la MSOH.



NOTA – Todos los octetos no marcados están reservados para normalización internacional futura (función del medio, uso nacional adicional y otros fines).

Figura 3.17. Tara de Sección (SOH) de STM-1.

3.3.6.2. Descripción de la Tara de Sección de Regeneración (RSOH).

Como ya hemos comentado, véase en la figura 3.18 las filas resaltadas, la Tara de Sección de Regeneración la forman las filas 1 a 3 de la SOH. La descripción de los octetos que la forman es la siguiente:

- **A1, A2: Alineación de trama.**

Para la alineación de trama se definen dos tipos de octetos:

- A1: 11110110
- A2: 00101000

La palabra de alineación de trama de una trama STM-N se compone de $3 \times N$ octetos A1 seguidos de $3 \times N$ octetos A2.

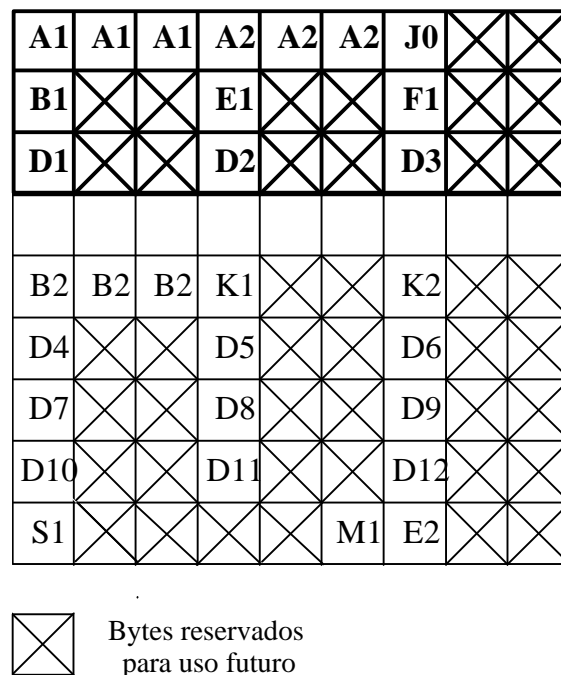


Figura 3.18. Tara de sección de Regeneración (RSOH).

- **J0: Traza de sección de regeneración.**

El octeto J0 se asigna a una traza de sección de regeneración. Este octeto se utiliza para transmitir de manera repetitiva el identificador de punto de acceso de sección, de tal modo que un receptor de sección pueda verificar la continuidad de su conexión con el transmisor pretendido.

Se define una trama de 16 octetos para la transmisión de identificadores de puntos de acceso de sección. El primer octeto de la cadena es un marcador de comienzo de trama e incluye el resultado de un cálculo de CRC-7 efectuado en la trama precedente.

- **Z0: Reserva.**

Estos octetos se reservan para una futura normalización internacional (marcados con X en la figura 3.18).

- **B1:Control de errores.**

Se asigna un octeto para la supervisión de errores en la sección de regeneración. Esta función es un código de paridad con entrelazado de bits 8 (BIP-8 *Bit Interleaved Parity*) que utiliza paridad par. La BIP-8 se calcula en base a todos los bits de la trama STM-N precedente, después de la aleatorización, y se sitúa en el octeto B1 de la trama en curso antes de la aleatorización.

En el extremo receptor se recalcula el BIP-8, si hay diferencia entre el valor calculado y el valor recibido, es que se ha producido algún error durante la transmisión en la sección de regeneración.

- **E1: Circuito de órdenes.**

Este octeto puede utilizarse para proporcionar un canal de circuito de órdenes para comunicaciones vocales. A este canal se le acopla un teléfono digital y se usa para mantener comunicaciones habladas entre personal de conservación.

- **F1: Canal de usuario.**

Este octeto es similar al E1 pero está reservado para utilidades propias del usuario (por ejemplo, conexiones temporales de canales de datos y voz para fines de mantenimiento especiales).

- **D1,D2,D3: Canal de comunicación de datos (DCC Data Communication Channel).**

Se define un canal a 192 kbit/s utilizando los octetos D1, D2 y D3 como DCC de sección de regeneración, y se utiliza para enviar mensajes de control a los regeneradores. Se usa desde el sistema de explotación para la gestión y supervisión (reconfiguraciones, alarmas, etc) de los regeneradores que forman parte de un determinado sistema de transmisión.

3.3.6.3. Descripción de la Tara de Sección de Multiplexación (MSOH).

Como ya hemos comentado, véase en la figura 3.19 las filas resaltadas, la Tara de Sección de Multiplexación la forman las filas 5 a 9 de la SOH. La descripción de los octetos que la forman es la siguiente:

- **B2: BIP-N×24.**

Los octetos B2 se asignan para una función de supervisión de errores de sección de multiplexación (entre equipos multiplexores). La función es un código de paridad con entrelazado de bits- $N \times 24$ (BIP- $N \times 24$: BIP-24 para STM-1, BIP-96 para STM-4, BIP-384 para STM-16, etc) con paridad par. La BIP- $N \times 24$ se calcula en base a todos los bits de la trama STM-N precedente, excepto para las tres primeras filas (RSOH) de SOH, y se sitúa en los octetos B2 antes de la aleatorización.

Al igual que vimos anteriormente para la RSOH, en el extremo receptor se recalcula el BIP-24. Si hay diferencias entre el valor calculado y el valor recibido, es que se ha producido algún error durante la transmisión en la sección de multiplexación. En definitiva, analizando la información acerca de errores que contienen los bytes B1 y B2 seremos capaces de encontrar en qué tramo concreto de la red se están produciendo errores.

- **K1,K2 (bits 1 a 5): Canal de conmutación de protección automática (APS Automatic Protection Switching)).**

Se asignan dos octetos para el control de la protección por conmutación automática (APS) para la sección de multiplexación.

Los bytes K se emplean tanto en el control de la protección de sistemas punto a punto (1+1 ó 1:N), como en ciertas protecciones de anillo. Así por ejemplo el envío de un mensaje determinado por los canales que proporcionan estos bytes puede forzar la conmutación a la línea de reserva.

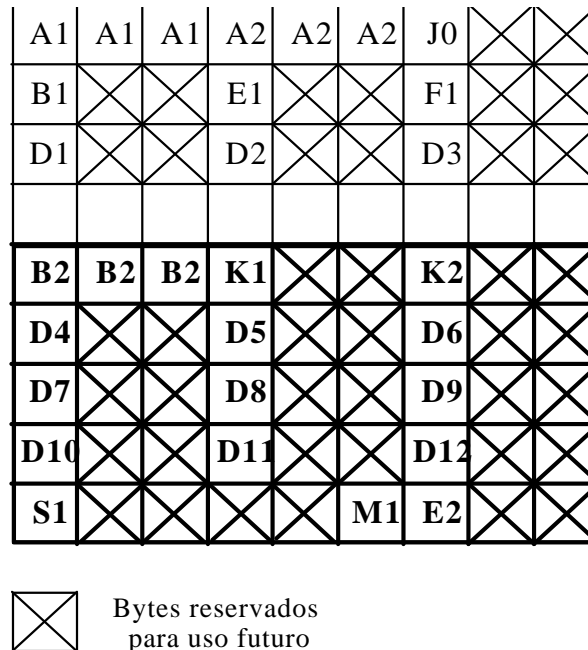


Figura 3.19. Tara de sección de Multiplexación (MSOH).

- **K2 (bits 6 a 8): MS-RDI (Multiplex Section Remote Defect Indication).**

La indicación de defecto distante de sección de multiplexación (MS-RDI) se utiliza para devolver al extremo de transmisión la indicación de que el extremo de recepción ha detectado un defecto de sección entrante o está recibiendo una señal de indicación de alarma de sección de multiplexación (MS-AIS *Multiplex Section Alarm Indication Signal*, bits 6,7 y 8=111). La MS-RDI se genera insertando un código "110" en las posiciones 6, 7 y 8 del octeto K2 antes de la aleatorización.

- **D4 a D12: Canales de Datos.**

Los bytes D4 a D14 proporcionan un canal a 576 kbit/s dentro de una determinada sección de multiplexación, es decir entre nodos de red adyacentes. Se usa para intercambio de información de gestión, como parte de lo que será la Red de Gestión de las Telecomunicaciones (TMN *Telecommunication Management Network*).

- **E2: Circuito de órdenes.**

Este octeto es similar al E1: se usa para mantener comunicaciones habladas

entre personal de conservación, pero solo está accesible entre equipos multiplexores (no está accesible en los regeneradores).

- **S1 (bits 5 a 8): Estado de sincronización.**

Los bits 5 a 8 del octeto S1 se asignan para mensajes de estado de sincronización de la sección. Se pueden enviar indicaciones para indicar que la calidad de sincronización es desconocida o que no debe utilizarse la sección para sincronización. Los códigos restantes se reservan para indicar a que nivel de calidad definidos por cada una de las Administraciones (G.811 ó G.812 tránsito, local) se encuentra la sincronización.

- **M1: Indicación de error distante de sección de multiplexación (MS-REI *Multiplex Section Remote Error Indication*)).**

Se asigna un octeto para su utilización como indicación de error distante (REI) de sección de multiplexación. El byte M1 se emplea para llevar la cuenta de los errores que se detectan tras la aplicación del código BIP-Nx24, según se indicó al describir los bytes B2.

BYTES DE LA TARA DE SECCION

<i>A:</i>	<i>Alineamiento de trama</i>
<i>J:</i>	<i>Identificador de Sección</i>
<i>B:</i>	<i>Control de Errores</i>
<i>E:</i>	<i>Circuito de Ordenes</i>
<i>F:</i>	<i>Canal de Usuarios</i>
<i>D:</i>	<i>Canal de Datos</i>
<i>K:</i>	<i>Conmutación Automática para Protección</i>
<i>S:</i>	<i>Estado de Sincronización</i>
<i>M:</i>	<i>Indicador de Error Remoto</i>

3.3.6.3. Descripción de la Tara de Trayecto (POH).

La tara de Trayecto (POH) forma parte de los contenedores virtuales (VC) y se utiliza básicamente para: monitorización de la calidad de trayecto, mantenimiento, detección de fallos, canal de comunicaciones, etc.

La POH permite la integridad de la información entre el punto de ensamblado de un VC y su punto de desamblado. Conviene recordar que, en general, un trayecto discurre por más de una sección y que el VC se ensambla y desensambla una sola vez, aunque puede transferirse de un sistema de transporte a otro numerosas veces mientras circula por la red.

Se han identificado dos categorías de POH de contenedor virtual:

- **POH de contenedor virtual de orden superior (POH del VC-4/VC-3):** La POH del VC-3 se añade a un conjunto de TUG-2 o a un contenedor-3 para formar un VC-3. La POH del VC-4 se añade a un conjunto de TUG-3 o a un C-4 para formar un VC-4. Entre las funciones incluidas en esta tara está la de supervisión de la calidad de funcionamiento del trayecto del contenedor virtual, las indicaciones de estado de alarmas, las señales de mantenimiento y las indicaciones de estructura múltiplex (composición de VC-4/VC-3).
- **POH de contenedor virtual de orden inferior (POH del VC-3/VC-2/VC-1):** La POH del VC-n ($n = 1, 2, 3$) de orden inferior se añade al contenedor-n para formar un VC-n. Entre las funciones incluidas en esta tara está la de supervisión de la calidad.

En este apartado solo describiremos la POH de orden superior.

Descripción de octetos de POH de orden superior.

La POH de los contenedores virtuales VC-3 y VC-4 consta de nueve bytes como se refleja en la figura 3.20, y su descripción es la siguiente :

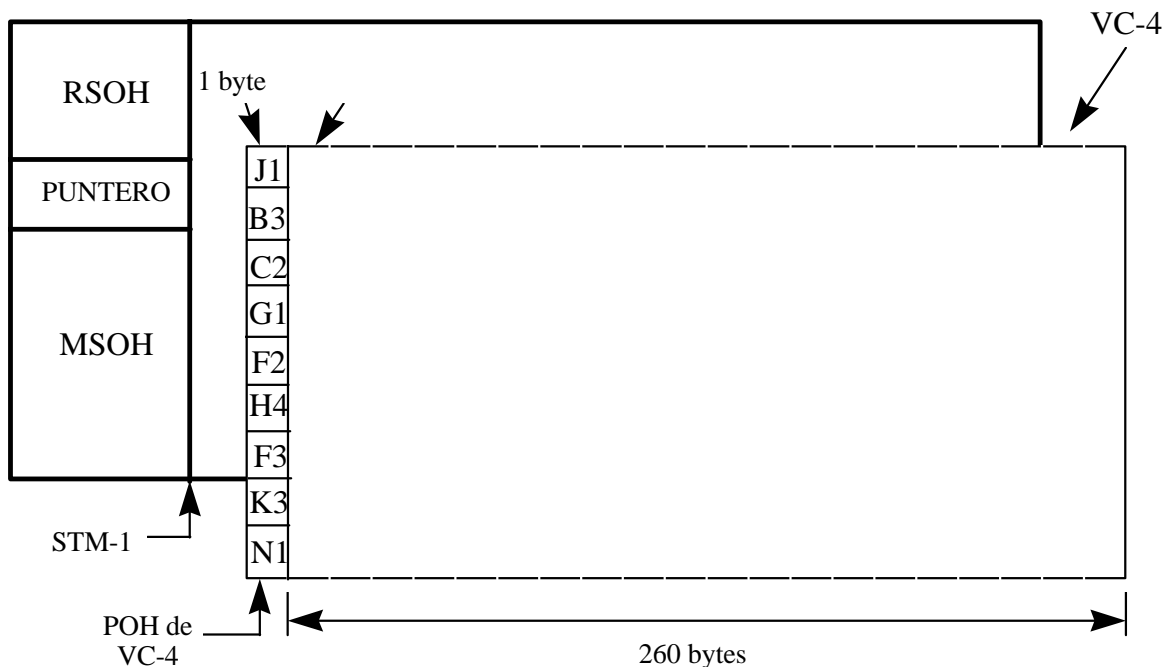


Figura 3.20. Tara de Trayecto de un VC-4.

- **J1: Traza de trayecto.**

Éste es el primer octeto del contenedor virtual; su ubicación se indica mediante el punteo asociado a AU-n (n = 3, 4) o TU-3. El octeto J1 se utiliza para transmitir de manera repetitiva un identificador de punto de acceso de trayecto, de tal modo que un terminal que reciba un trayecto puede verificar la continuidad de su conexión con el transmisor pretendido.

Se define una trama de 16 octetos para la transmisión de identificadores de punto de acceso. Esta trama de 16 octetos es idéntica a la trama de 16 octetos definida para la descripción del octeto J0.

- **B3: BIP-8 de trayecto.**

Se asigna un octeto en cada VC-4/VC-3 para una función de supervisión de errores de trayecto. Esta función es un código de BIP-8 que utiliza paridad par.

El BIP-8 de trayecto se calcula en base a todos los bits del VC-4/VC-3 anterior y se coloca en el octeto B3. En el extremo receptor se recalcula el BIP-8. Si hay diferencia entre el valor calculado y el valor recibido, es que se ha producido algún error en el trayecto.

- **C2: Etiqueta de señal.**

Se asigna un octeto para indicar la composición VC-4/VC-3. Los valores que puede tomar son los siguientes:

- Estructura de TUG, es decir soporte a su vez, por ejemplo, de señales a 2 Mbit/s.
- Mapeado de 34 Mbit/s en un contenedor C3.
- Mapeado de 140 Mbit/s en un contenedor C4.
- Mapeado ATM.
- Mapeados FDDI, MAN (DQDB).
- No equipado (sección completa pero no hay equipo para originar el trayecto VC-3, VC-4).
- Equipado sin especificar.

- **G1: Categoría de trayecto.**

Se asigna un octeto para comunicar al origen de trayecto VC-4/VC-3 la categoría y calidad de funcionamiento del trayecto detectada por la terminación del mismo. En la Figura 3.21 se ilustra la asignación de bits de G1.

REI				RDI	Reservados		Reserva
1	2	3	4	5	6	7	8

Figura 3.21. G1: Categoría de trayecto de VC-4VC-3.

- Los bits 1 a 4 llevan la cuenta de los bloques de bits entrelazados que han sido detectados como erróneos por el sumidero de terminación de camino mediante el código BIP-8 del trayecto (B3) (REI: Indicación de Error distante antes FEBE Error de bloque en el extremo distante).
- El bit 5 se pone a 1 para indicar una indicación de defecto distante (RDI) [P7]de trayecto VC-4/VC-3, y si no procede se pone a 0.
- **F2, F3: Canales de usuario de trayecto.**

Estos octetos se asignan para fines de comunicación de usuario, similares al F1, entre elementos del trayecto y dependen de la cabida útil.
- **H4: Indicador de posición.**

Este octeto proporciona un indicador de posición generalizado para cabidas útiles y puede ser específico de la cabida útil (por ejemplo, H4 puede utilizarse como un indicador de posición de multitrama para el VC-2/VC-1).
- **K3: Canal de conmutación de protección automática (APS).**

Los bits 1 a 4 se asignan para protección por conmutación automática (APS), son similares a los K1 y K2 de la Tara de Sección pero para los niveles de trayecto de VC-4/3. Los bits 5 a 8 se reservan para utilización futura.
- **N1: Octeto de operador de red.**

Este octeto se asigna para proporcionar una función de supervisión de conexión en cascada (TCD Tandem Connection Monitoring). Se denomina conexión en cascada a un grupo de contenedores virtuales de orden superior que se transportan y gestionan como si fuera uno solo.

BYTES DE LA TARA DE TRAYECTO

<i>J:</i>	<i>Identificador de Trayecto</i>
<i>B:</i>	<i>Control de Errores</i>
<i>C:</i>	<i>Etiqueta de Señal</i>
<i>G:</i>	<i>Estado de Trayecto</i>
<i>F:</i>	<i>Canal de Usuario</i>
<i>H:</i>	<i>Indicador de Posición</i>
<i>K:</i>	<i>Conmutación Automática para Protección</i>
<i>N:</i>	<i>Operador de Red.</i>

3.3.7. Punteros: Descripción y Funcionalidad.

La JDS está ideada como una red síncrona, es decir, todos los nodos de la red deberían obtener sus señales de temporización de un mismo reloj maestro de la red. Sin embargo, la JDS está diseñada para permitir un funcionamiento asíncrono de la red. Esto es

necesario para dar cabida a las diferencias de temporización que suceden cuando, por ejemplo, un nodo JDS pierde la referencia de temporización de red y funciona con su reloj interno, o para hacer frente a las diferencias de temporización en el límite entre dos redes JDS independientes.

Los punteros son varios bytes que permiten asignar de forma flexible y dinámica los distintos contenedores virtuales (VC) dentro de las unidades administrativas (AU) o de las unidades afluentes (TU). Esto significa que **los contenedores virtuales pueden “flotar” dentro de la trama.**

Los punteros permiten también absorber, mediante un mecanismo de justificación positiva, negativa o nula, las diferencias de fase entre las diferentes señales que van a constituir el STM.

Como ejemplo de funcionamiento de puntero vamos a describir a continuación el puntero de AU-4.

3.3.7.1. Puntero de AU-4.

El puntero de AU-4 está contenido en los octetos H1, H2 y H3 tal y como se muestra en la figura 3.22.

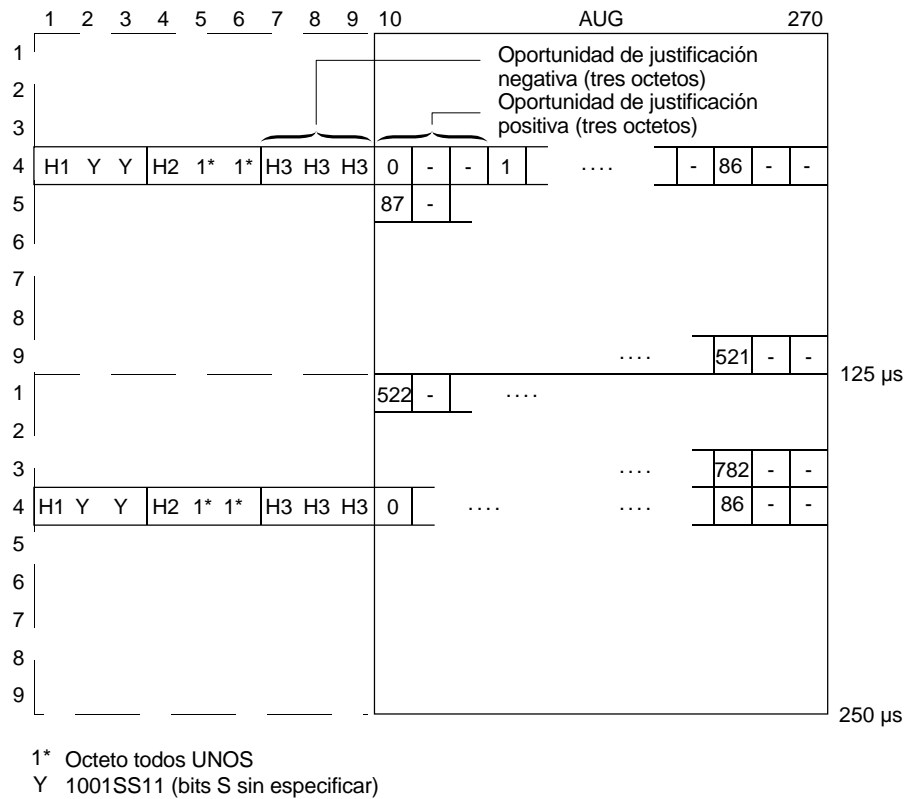


Figura 3.22. Puntero de AU-4.

Los bytes H1 y H2 indican la ubicación de los bytes donde comienza el VC-4. Los dos octetos asignados a la función de puntero pueden considerarse como una palabra, como se muestra en la Figura 3.23. Los últimos diez bits (bits 7 a 16) de la palabra de puntero llevan el valor del puntero.

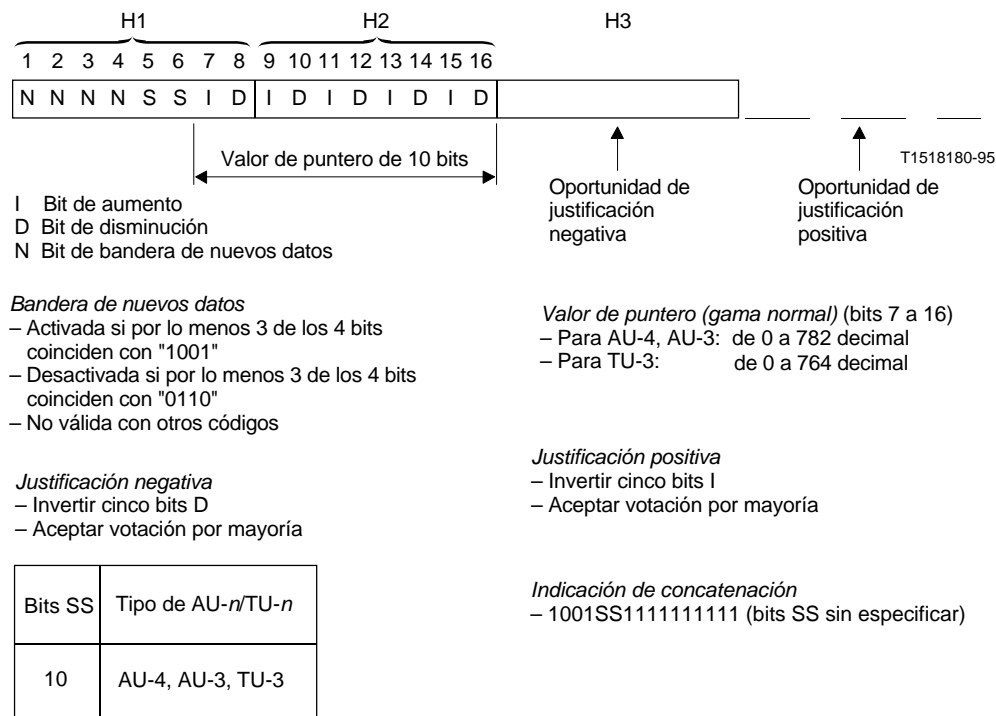
Tal como ilustra la Figura 3.22, el valor del puntero de AU-4 es un número binario con un gama de 0 a 782 que indica, en incrementos de tres octetos, el desplazamiento del puntero con respecto al primer octeto del VC-4. Se observa también que la carga útil no se encuentra en una única trama, sino que está desplazada y forma parte también de la trama siguiente. De hecho la carga útil siempre se encuentra después de los bytes de puntero.

En todos los casos, los octetos del puntero de AU-n no se cuentan en el desplazamiento. Por ejemplo, en una AU-4, el valor de puntero de 0 indica que el VC-4 comienza en la posición de octeto que sigue inmediatamente al último octeto de H3,

mientras que un desplazamiento de 87 indica que el VC-4 comienza tres octetos después del octeto K2.

Los bytes H3 son bytes susceptibles de justificación negativa.

La codificación del puntero aparece en la figura 3.23.



NOTA - Cuando aparece la AIS, el puntero se pone a todos UNOS.

Figura 3.23. Codificación del puntero (H1, H2, H3) de AU-n/TU-3.

Si hay una diferencia de frecuencia entre la velocidad de trama del AUG y la del VC-n, el valor del puntero aumentará o disminuirá según la necesidad, acompañado por uno o más octetos de justificación positiva o negativa, según corresponda. Las operaciones de puntero consecutivas deben separarse por tres tramas por lo menos (es decir, en una trama de cada cuatro), en las cuales el valor del puntero permanece constante.

Esta actividad de los punteros tiene un inconveniente: produce saltos de 24 bits, lo cual no importa dentro de una red JDS, pero cuando las señales tienen que salir de la red JDS, estos saltos de 24 bits producen picos de jitter muy difíciles de tratar por una red JDP.

UTILIDAD DE LOS PUNTEROS

Los punteros permiten asignar de forma flexible los distintos contenedores virtuales dentro de la trama STM. Esto hace que no sean necesarios grandes buffers de memoria dentro de los equipos.

Los punteros permiten absorber, mediante un mecanismo de justificación, las diferencias de frecuencia entre las señales que van a constituir el STM.

3.4. CÉLULAS ATM EN LA JERARQUÍA DIGITAL SINCRONA.

La correspondencia de células ATM en la JDS se realiza alineando la estructura de octetos de cada célula con la estructura de octetos de cada contenedor virtual utilizado. Dado que la capacidad pertinente de contenedor-x puede no ser un múltiplo entero de la longitud de la célula ATM (53 octetos), se permite que una célula sobrepase el límite de contenedor-x.

3.4.1. Correspondencia en un VC-4/VC-3.

Se establece la correspondencia del flujo de células ATM en un contenedor-4/contenedor-3, haciendo que los límites de sus octetos estén alineados con los límites del octeto contenedor-4/contenedor-3. Se hace entonces corresponder al contenedor-4/contenedor-3 en el VC-4/VC-3 junto con la POH del VC-4/VC-3, véase la Figura 3.24. Los límites de la célula ATM se alinean a continuación con los límites del octeto VC-4/VC-3. Dado que la capacidad del contenedor-4/contenedor-3 (2340/756 octetos respectivamente) no es un número múltiplo entero de la longitud de la célula (53 octetos), una célula puede sobrepasar los límites de la trama del contenedor-4/contenedor-3.

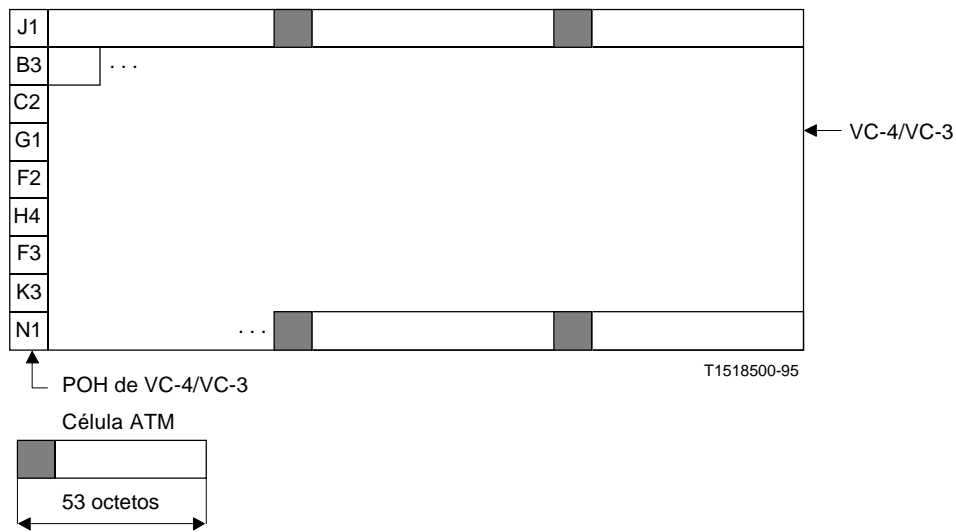


Figura 3.24. Correspondencia de células ATM en un VC-4/VC-3.

3.4.2 Correspondencia en un VC-12.

Las células ATM también se pueden mapear en otro tipo de contenedores (VC-2, VC-12, VC-11). Esto va a hacer que sea posible mezclar en el mismo STM-1 células ATM y señales plesiócronicas convencionales.

La Figura 3.25 muestra la correspondencia de un flujo de células ATM con velocidades de datos de 2,176 Mbit/s VC-12.

En el modo TU-n flotante, la estructura del VC-12 está organizada a modo de multitrama de cuatro tramas. Las tramas de la multitrama constan de un octeto de POH de VC-12 y de 34 octetos de zona de cabida útil. Las células ATM se cargan en la zona de cabida útil del VC-12 con los límites de las células alineados con cualquier límite del octeto VC-12. Puesto que el espacio de cabida útil del VC-12 no está en relación con el tamaño de una célula ATM (53 octetos) la alineación entre límites de células ATM y la estructura del VC-12 cambiará de trama en trama en una secuencia que se repite cada 53 tramas. Las células pueden sobrepasar los límites de la trama del VC-12.

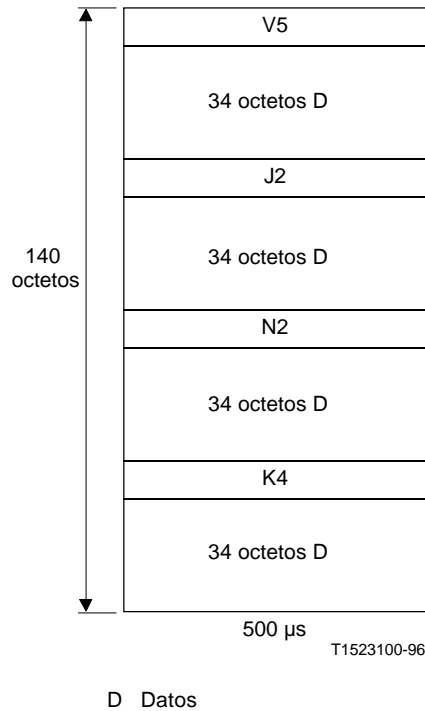


Figura 3.25. Correspondencia de células ATM en un VC-12.

La correspondencia de células ATM en la JDS se realiza alineando la estructura de octetos de cada célula con la estructura de octetos de cada contenedor virtual utilizado.

3.5. CÉLULAS ATM EN LA JERARQUIA DIGITAL PLESIÓCRONA.

Aunque la JDS constituirá la base del transporte de las células ATM, durante el periodo de transición, y con el fin de aprovechar los medios que se tienen, existe la necesidad de utilizar las redes actuales de JDP.

3.5.1. Correspondencia de células ATM a 2048 Kbit/s (E1).

Se utiliza la estructura de trama básica de 2048 Kbit/s (formada por 256 bits en 32 canales de 8 bits cada uno y frecuencia de repetición de 8.000 Hz).

Tal y como se ve en la figura 3.26, la célula ATM se hace corresponder con los intervalos de tiempo 1 a 15 y 17 a 31 de la trama, con la estructura de octetos de la célula alineada con la estructura de octetos de la trama.

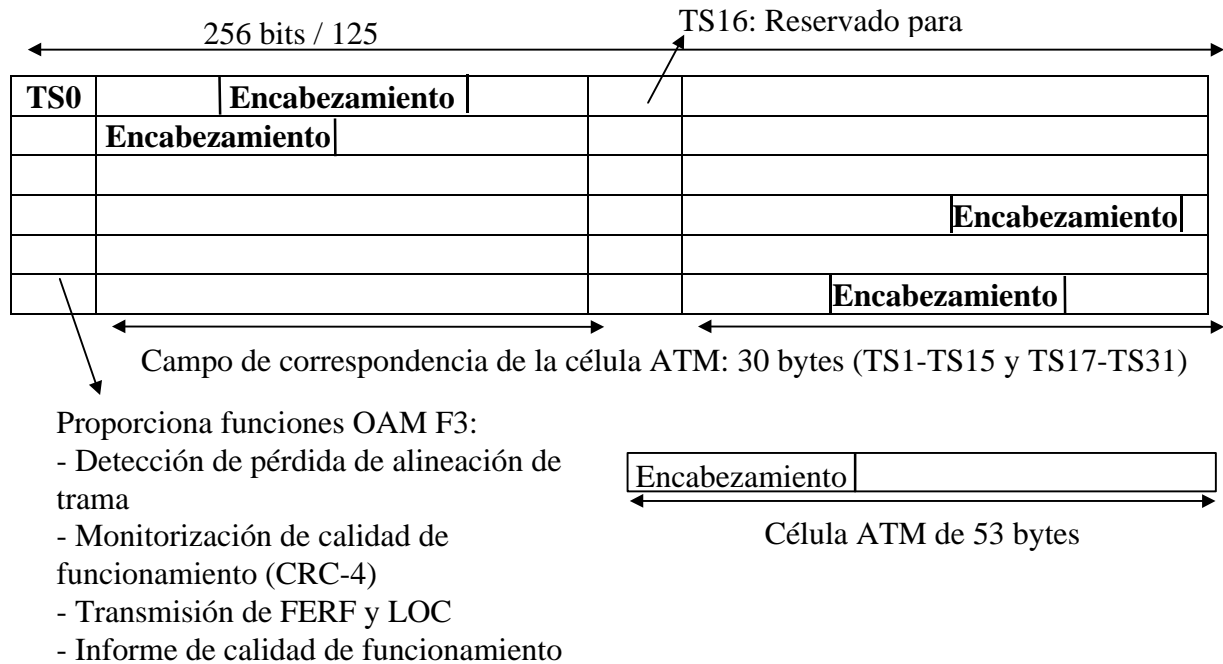


Figura 3.26. Estructura de trama a 2048 Kbit/s para células ATM.

3.5.2. Correspondencia de células ATM a 34 368 kbit/s (E3).

Según la recomendación G.832, la estructura de trama básica a 34.368 kbit/s comprende 7 octetos de tara y 530 octetos de cabida útil por 125 μ s, como se muestra en la Figura 3.27.

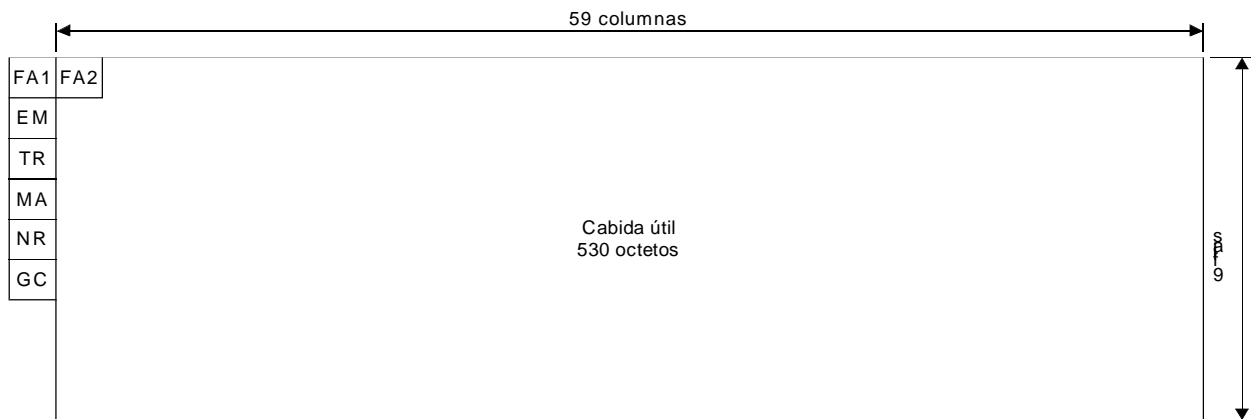


Figura 3.27. Estructura de trama a 34.368 Kbit/s.

Los valores y la asignación de los bytes de tara se muestran en la Figura 3.28, son muy similares a los de la tara de trayecto del STM-1 de la JDS y se describen a continuación.

FA1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	FA2
EM	BIP-8																
TR	Traza de camino																
MA	RDI	REI	Tipo de cabida útil			Dep. de cabida útil			Marcador de temporización								
NR	NR																
GC	GC																

Figura 3.28. Asignación de tara a 34.368 Kbit/s.

- **FA1/FA2: Señal de alineación de trama.**

Tiene el mismo patrón que la A1/A2 definida para la JDS.

- **EM: Monitorización de errores BIP-8.**

Un byte es asignado para monitorización de errores. Esta función será un código BIP-8 que utilice paridad par. La BIP-8 se calcula a lo largo de todos los bits, incluidos los bits de tara, de la trama de 125 microseg. anterior. La BIP-8 calculada se coloca en el byte EM de la trama de 125 microseg. de ese momento.

- **TR: Traza de camino (trail trace).**

Este byte se utiliza para transmitir repetidamente un identificador de punto de acceso de camino a fin de que un terminal receptor de camino pueda verificar su conexión continuada al transmisor deseado. Se define una trama de 16 bytes para la transmisión del identificador de punto de acceso.

- **MA: Byte de mantenimiento y adaptación (Maintenance and Adaptation byte).**

- Bit 1 RDI

- Bit 2 REI – Este bit se pone a «1» y se devuelve a la terminación de camino distante si la BIP-8 detectó uno o más errores; en otro caso se pone a cero.

- Bits 3 a 5: Tipo de cabida útil

Señal de código:

000 No equipada

001 Equipada, no específica

010 ATM

011 SDH TU-12s

- Bits 6-7: Dependientes de la cabida útil (por ejemplo, indicador de multitrama de unidad afluente).

- Bit 8 Marcador de temporización – Este bit se pone a «0» para indicar que la fuente de temporización sigue a un reloj de referencia primario; en otro caso se pone a «1».

- **NR: Byte de operador de red (network operator byte).**

Este byte es asignado para fines de mantenimiento específicos de los distintos operadores de red. Su transparencia de una terminación de camino a otra no está garantizada.

- **GC: Canal de comunicaciones de uso general (Generic Chanel).**

Se puede utilizar , por ejemplo, para proporcionar conexión de canal de datos/canal vocal para fines de mantenimiento.

3.5.2. Correspondencia de células ATM a 139.264 kbit/s (E4).

La estructura de trama básica a 139.264 kbit/s , de acuerdo con la recomendación G.832, comprende 16 octetos de tara y 2160 octetos de cabida útil por 125 μ s, como muestra la Figura 3.29.

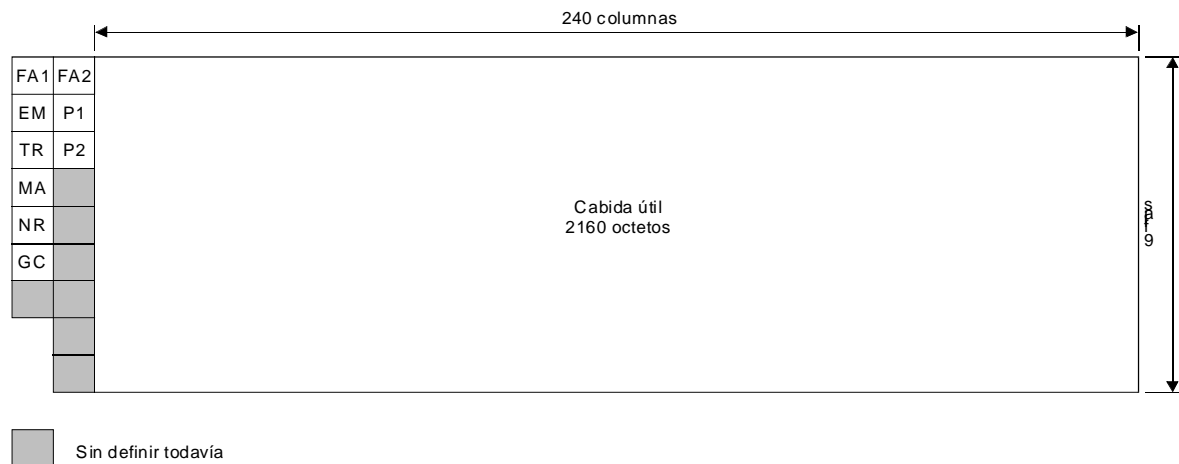


Figura 3.29. Estructura de trama a 139 264 Kbit/s.

Los bytes de tara se muestran en la Figura 3.30, con el mismo significado que los correspondientes de 34 Mbit/s, más los P1/P2 de conmutación automática de protección.

FA1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	FA2
EM	BIP-8								P1								P1
TR	Traza de camino								P2								P2
MA	RDI	REI	Tipo de cabida útil			Dep. de cabida útil		Marcador de temporización									
NR	NR																
GC	GC																

Figura 3.30. Asignación de tara a 139 264 Kbit/s.

Resumen

La CAPA FÍSICA es la encargada de acomodar, "mapear", las células entregadas por la capa ATM al medio físico de transmisión que se utilice.

Consta de dos subcapas, con funciones asignadas a cada una de ellas:

La subcapa de Medio Físico

Funciones de Medio Físico.

Funciones de Temporización de los bits.

La subcapa de convergencia de transmisión

Generación y recuperación de la trama de transmisión.

Adaptación de la trama de transmisión.

Delimitación de células.

Generación/verificación del control de errores de encabezamiento.

Aleatorización/Desaleatorización de células

Desacoplamiento de la velocidad de células.

*Los sistemas de transmisión utilizados en las primeras fases de la implantación de las redes ATM se basan en la **JDS** (Jerarquía Digital Síncrona) y en la **JDP** (Jerarquía Digital Plesiócrona).*

*Las **ventajas** de la JDS son:*

- Estructura de multiplexación más sencilla y económica.*
- Gran capacidad de gestión y mantenimiento.*
- Transporte de señales existentes y futuras.*
- Diferentes estructuras: punto a punto, anillo, bus.*
- Mayor normalización.*
- Muy apropiada para el transporte del ATM.*

La señal básica STM-1 tiene las siguientes características:

Longitud total: 2430 octetos (9 filas x 270 columnas)

Duración: 125 microsegundos

Velocidad binaria: 155,520 Mbit/s.

Las señales de orden superior normalizadas actualmente son: STM-4 (620 Mbit/s), STM-16 (2,5 Gbit/s) y STM-64 (10 Gbit/s).

*Las **taras** soportan información del propio sistema, incluyendo información de mantenimiento, de supervisión de la calidad de funcionamiento y otras funciones especiales. Se clasifican en:*

Tara de Sección (SOH)

Tara de Sección de Regeneración (RSOH)

Tara de Sección de Multiplexación (MSOH)

Tara de trayecto (POH)

Tara de trayecto de VC de orden superior (POH del VC-4/VC-3)

Tara de trayecto de VC de orden inferior (POH del VC-3/VC-2/VC-1)

*Los **punteros** permiten asignar de forma flexible y dinámica los distintos contenedores virtuales dentro de la trama STM. Además pueden absorber las diferencias de frecuencia entre las diferentes señales que van a constituir el STM.*

*El **mapeado** de células ATM en la JDS se realiza alineando la estructura de octetos de cada célula con la estructura de octetos de cada contenedor virtual utilizado.*

*Para el **mapeado** de células en la JDP se utiliza la trama básica cuando es a 2 Mbit/s, pero se definen estructuras de tramas para velocidades de 34 Mbit/s y 140 Mbit/s.*

3.6. EJERCICIOS DE COMPROBACIÓN.

1.- Las células ATM sólo se pueden transportar en sistemas de transmisión basados en la JDS o en la JDP.

- a) Correcto.
- b) Además de estos dos solo existe el sistema basado en células puras.
- c) Existen numerosos sistemas para transportar células ATM.

2.- Todas las funciones de la capa física dependen del sistema de transmisión utilizado:

- a) Sí.
- b) No: ninguna depende del medio físico utilizado.
- c) Sólo algunas.

3.- Cuando no hay información de usuario a transmitir por el medio físico utilizado:

- a) Se retransmiten células enviadas anteriormente.
- b) Se envían bits de relleno que no tienen estructura de células.
- c) Se envían células con una codificación fija.

4.- El byte de control de errores HEC realiza su función sobre:

- a) Toda la célula.
- b) La carga útil.
- c) El encabezamiento completo.
- d) Los cuatro primeros bytes del encabezamiento.

5.- El proceso de control de errores:

- a) Corrige errores de dos bits.
- b) Solo detecta errores de más de un bit.
- c) Detecta pero no corrige errores de más de un bit.
- d) Corrige siempre errores de un bit.

6.- El proceso de delimitación de célula en el estado Búsqueda realiza la función:

- a) Siempre verificando bit a bit.
- b) Siempre verificando octeto a octeto.
- c) Depende del sistema de transmisión utilizado.

7.- La longitud de trama JDP a 34 Mbit/s para el transporte de células ATM es :

- a) Igual que cuando se utiliza como tercer nivel de multiplexación de señales de 2 Mbps.
- b) Menor que cuando se utiliza como tercer nivel de multiplexación de señales de 2 Mbps.
- c) Mayor que cuando se utiliza como 3er nivel de multiplexación de señales de 2 Mbps.

8.- La palabra de alineación de trama en la JDS se encuentra en:

- a) La tara de trayecto
- b) La tara de sección de multiplexación
- c) La tara de sección de regeneración
- d) El puntero

9.- En la formación de una señal STM1, el mapeado es el proceso que consiste en:

- a) Multiplexar varias unidades afluentes (TU) para formar un grupo de unidades afluentes (TUG)
- b) Adaptar la información a transportar dentro de un contenedor
- c) Adaptar la información a transportar dentro de un contenedor completando con la tara de trayecto
- d) Añadir a un contenedor virtual el puntero correspondiente

10.- En la formación de una señal STM1, el alineamiento es el proceso que consiste en:

- a) Multiplexar varias unidades afluentes (TU) para formar un grupo de unidades afluentes (TUG)
- b) Adaptar la información a transportar dentro de un contenedor
- c) Adaptar la información a transportar dentro de un contenedor completando con la tara de trayecto
- d) Añadir a un contenedor virtual el puntero correspondiente

SOLUCIONARIO

1c, 2c, 3c, 4d, 5c, 6c, 7c, 8c, 9c, 10d

TEMA 4

MODELO DE CAPAS: CAPA ATM

INTRODUCCIÓN

El objetivo de este capítulo es, dentro de la organización de la RDSI-BA en capas, estudiar la capa ATM.

Se describirán las funciones que tiene asignadas, resaltándose que desde el punto de vista de conmutación es la capa que tiene más importancia, porque es donde se incluyen las informaciones de enrutamientos, señalización, etc.

También se analizará la estructura de la unidad de información en ATM: la célula, haciendo especial hincapié en el uso y significado de los identificadores de conexión (VPI/VCI).

ESQUEMA DE CONTENIDO

4.1.-LA CAPA ATM. GENERALIDADES

4.2.-FUNCIONES DE LA CAPA ATM.

4.2.1.- Generación/Extracción del Encabezamiento de Célula.

4.2.2.- Multiplexación/Demultiplexación de Células.

4.2.3.- Traducción de los Identificadores de Conexión.

4.2.4.-Control Genérico de Flujo.

4.3.- FORMATO DE CELULA.

4.3.1.- Formato de Encabezamiento UNI

4.3.2.- Formato de Encabezamiento NNI.

4.4.- CONEXIONES DE CAPA ATM.

4.4.1.- Identificadores de Conexión (VPI/VCI).

4.5.- EJERCICIOS DE COMPROBACIÓN

4.1. LA CAPA ATM.

La capa ATM, dentro del modelo de capas de la RDSI-BA recogido en la figura 4.1, es la **responsable de transferir la información en forma de células a través de la red**, realizando todas las funcionalidades asociadas a los campos del encabezamiento de la célula exceptuando el del HEC (recordemos que las células son de longitud fija y cada una contiene un campo de información y un encabezamiento).

Es decir, simplificando el proceso en la figura 4.2, la capa ATM utiliza la información recibida del nivel de adaptación (capa AAL) para generar el encabezamiento que es añadido a la información de usuario, enviando el conjunto a la capa física. En los nodos de conmutación se encarga del tratamiento de las células válidas, es decir de aquellas cuya encabezamiento no tiene error o ha sido modificado por el proceso de control de errores de encabezamiento (HEC) que realiza la capa física.

Este tratamiento se hace en base a la información contenida en los diversos campos del encabezamiento. **El campo de información es transportado transparentemente** a través de la red, no realizándose ningún procesamiento (por ejemplo, control de errores) sobre él. El encabezamiento es usado, en primera instancia, para determinar a qué conexión pertenece la célula y aplicar el enrutamiento adecuado. Así una conexión de capa ATM consiste en la concatenación de enlaces de capa ATM para proporcionar una capacidad de transferencia de extremo a extremo a puntos de acceso.

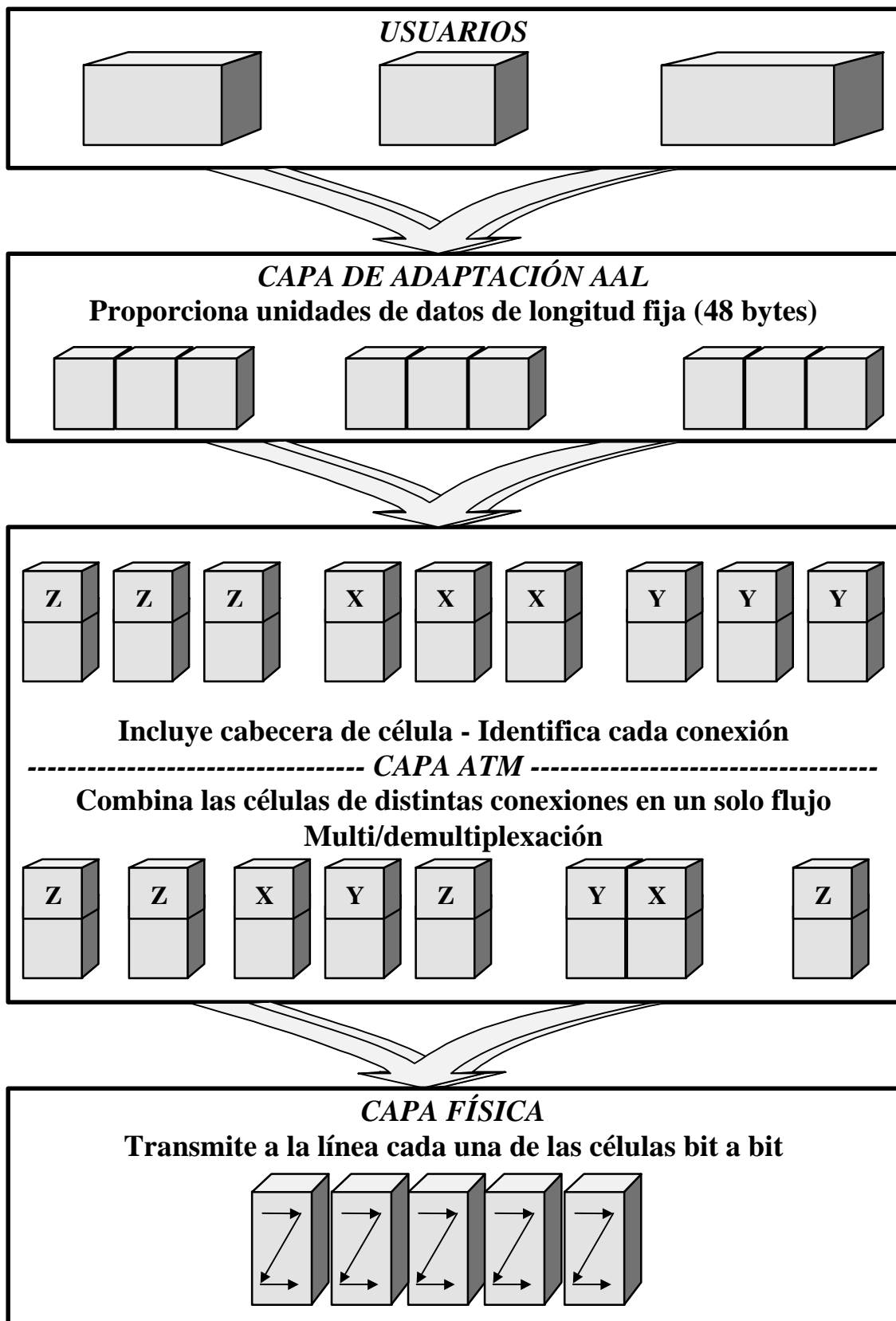


Figura 4.1 Modelo de capas de la RDSI-BA.

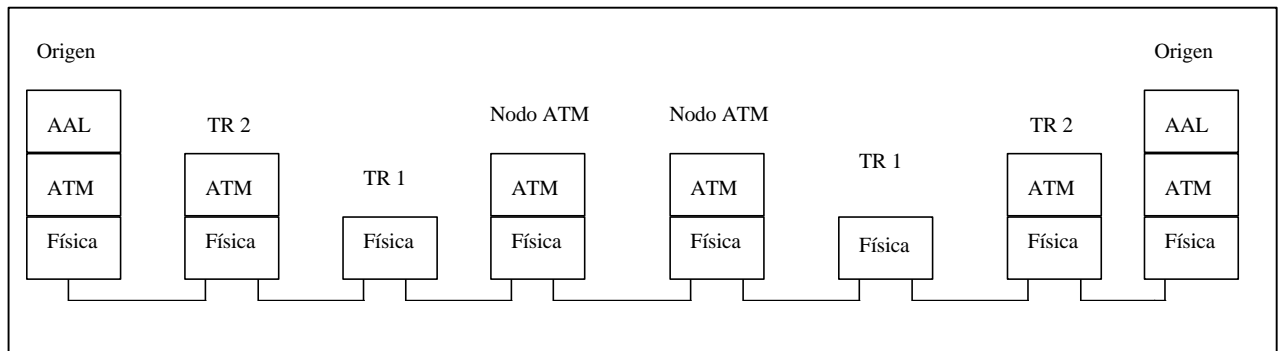


Figura 4.2 Estratificación de capas en los elementos de red.

La capa ATM se encuentra soportada por la capa física, y sus características son completamente independientes de las del medio físico que se emplea.

La capa ATM, dentro del modelo de capas de la RDSI-BA, es la responsable de transferir la información en forma de células a través de la red, realizando todas las funcionalidades asociadas a los campos del encabezamiento de la célula exceptuando el del HEC.

4.2. FUNCIONES DE LA CAPA ATM.

Las principales funciones de la capa ATM son las siguientes:

- Generación/extracción del encabezamiento de célula.
- Multiplexación/demultiplexación de células.
- Traducción de los identificadores de conexión.
- Control genérico de flujo.

4.2.1. Generación/extracción del encabezamiento de célula.

Esta función se realiza en los puntos en que termina la capa ATM.

Tal y como se muestra en la figura 4.1, en el sentido de transmisión la capa de adaptación pide la transferencia de una unidad de datos entregando 48 bytes, y la capa ATM genera un encabezamiento de celda adecuado, excepto para el campo de control de errores HEC que es generado por la capa física, con el identificativo de la conexión. En el sentido de recepción se realiza la operación contraria, es decir se quita el encabezamiento de la célula y se hace pasar el campo de información a la capa de adaptación.

4.2.2. Multiplexación/demultiplexación de células.

En el sentido de transmisión, la función de multiplexación **combina las células de las distintas conexiones en un flujo compuesto** no continuo que entrega a la capa física. En el sentido de recepción dirige las distintas células de un flujo compuesto no continuo hacia las correspondientes conexiones

En los nodos de red se realiza una función de encaminamiento interno entre las etapas de demultiplexación y multiplexación.

4.2.3. Traducción de los identificadores de conexión.

Si pensamos en una central de conmutación ATM, las células que llegan, por ejemplo desde un terminal o ruta de llegada, y pertenecen a una misma conexión vienen con un cierto encabezamiento, y en función de este, en el futuro con una fase previa de señalización, **se realiza un proceso de encaminamiento** hacia una determinada salida añadiendo el nuevo encabezamiento. Para realizar esta función se utilizan los identificadores de conexión asignando a cada identificador de entrada un identificador de salida.

Esta función se verá con más detalle en el apartado 4.4.

4.2.4. Control genérico de flujo (GFC).

Únicamente es aplicable a la interfaz UNI. Se puede incluir en el equipamiento de usuario un sistema de control de flujo para acceder a la red, que permita que los

terminales logren un ancho de banda garantizado, y evite sobrecargas momentáneas de células en el UNI (puntos de referencia SB y/o TB).

Pensemos que este interfaz puede estar compartido por varios terminales, por lo que se regula su acceso para evitar que, por ejemplo, el tráfico de alguno de ellos, en un momento determinado, perjudique la calidad de servicio que los demás han negociado con la red. En el caso de VBR ha de poder distribuir, con equidad y eficacia, la capacidad superior a la mínima garantizada entre todas las conexiones activas.

Para el usuario supone la posibilidad de escoger entre diversas calidades de servicio en su terminal. El terminal, de forma individual, puede llevar a cabo también acciones de control preventivo, como por ejemplo “modelado de tráfico o shapping”, que es una adaptación del perfil de tráfico generado a cada instante al perfil permitido/contratado en el servicio.

Los mecanismos GFC no son aplicables sobre el tráfico generado por la red hacia la instalación de usuario.

Las principales funciones de la capa ATM son las siguientes:

Generación/extracción del encabezamiento de célula.

Multiplexación/demultiplexación de células.

Traducción de los identificadores de conexión.

Control genérico de flujo.

4.3. FORMATO DE CÉLULA.

Tal y como se refleja en la figura 4.3, la célula ATM tiene **una estructura de longitud fija compuesta por 53 octetos**, divididos en dos campos: **el encabezamiento** de la célula compuesto por 5 octetos, **y un campo de información** de 48 octetos que actuará de contenedor para el transporte de la información de usuario generada por las capas superiores.

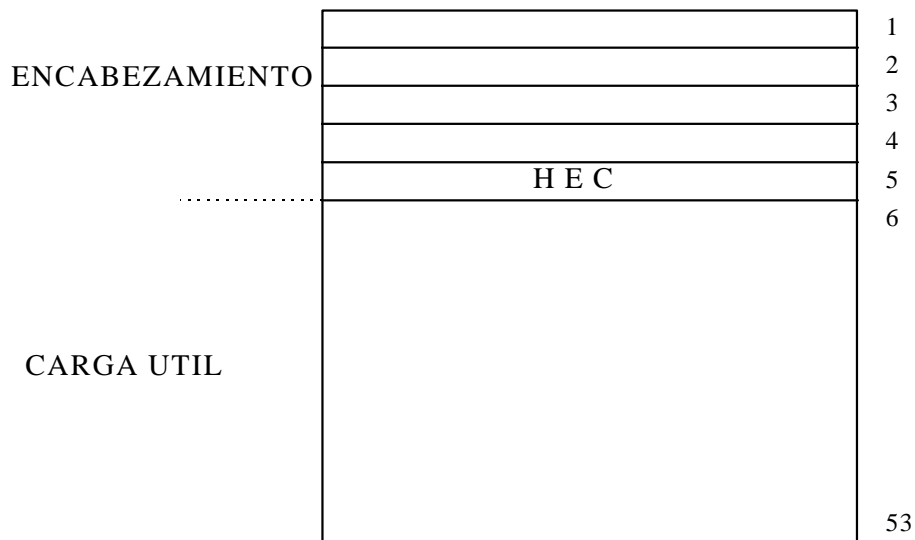


Figura 4.3 Formato de célula .

En el proceso de transmisión de las células ATM, el encabezamiento es siempre transmitido en primer lugar, seguido por el campo de información, siendo aplicable el criterio de que los octetos son transmitidos en orden de numeración creciente, y dentro de cada octeto los bits son transmitidos en orden de numeración decreciente. Para cada uno de los campos del encabezamiento el primer bit transmitido es el bit más significativo.

Respondiendo al mismo formato general de las células ATM, se han definido dos esquemas diferentes para la codificación de los encabezamientos de las células, uno aplicable a las **interfaces usuario-red (UNI, User - Network Interface)** y otro para las **interfaces entre nodos de red (NNI, Network - Network Interface)**.

4.3.1. Formato de encabezamiento de célula en las interfaces UNI.

En el diagrama de la figura 4.4 se muestra la estructura definida para el formato del encabezamiento a utilizar en las interfaces usuario-red (UNI). A continuación se describen los campos que componen este encabezamiento.

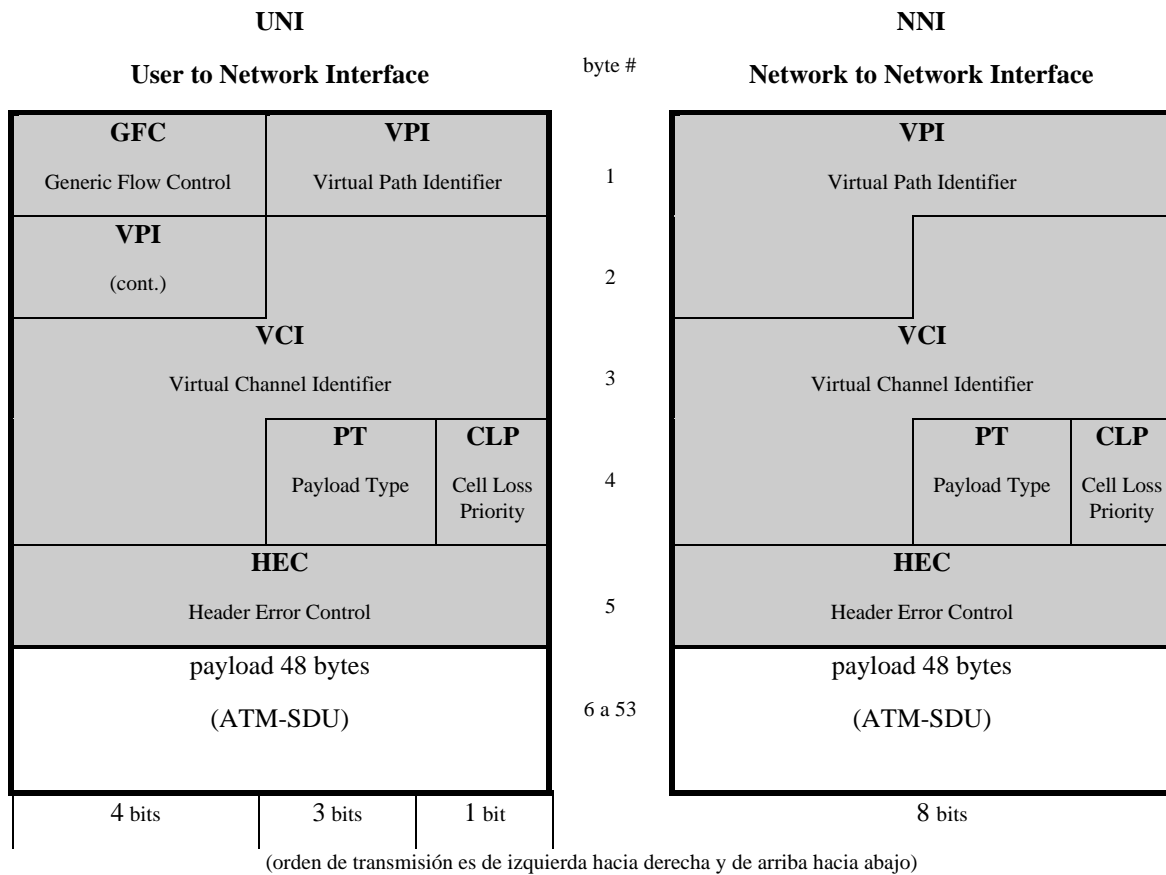


Figura 4.4. Encabezamiento formato UNI y NNI.

- **Campo GFC (Control Genérico de Flujo):** Es un campo de 4 bits, cuya utilización y codificación viene definida por el mecanismo de control de control genérico de flujo, función de capa ATM descrita en el apartado 4.2 anterior.
- **Campo de encaminamiento (VPI/VCI):** En el encabezamiento de las células UNI se han reservado un total de 24 bits para funciones de encaminamiento, de ellos 8 están reservados para utilizar como identificador de trayecto virtual (VPI) y los 16 bits restantes están reservados para utilizar como identificador de circuito virtual (VCI). En el apartado siguiente se describirán más detalladamente las funciones y características de este campo.
- **Campo de tipo de carga útil (PT):** Es un campo de 3 bits para la identificación del tipo de carga útil que es transportada en el campo de información de las células. Como se observa en la tabla 4.1, indica si el contenido de la célula es información de usuario (congestión/datos), o de red (F5/gestión de recursos), en este caso, en el campo de carga útil se encontrará más información sobre el tipo de control de red.

Código PT bits 4 3 2	Interpretación
0 0 0	Célula de datos de usuario, sin congestión Indicación de usuario de capa ATM a usuario de capa ATM = 0
0 0 1	Célula de datos de usuario, sin congestión Indicación de usuario de capa ATM a usuario de capa ATM = 1
0 1 0	Célula de datos de usuario, con congestión Indicación de usuario de capa ATM a usuario de capa ATM = 0
0 1 1	Célula de datos de usuario, con congestión Indicación de usuario de capa ATM a usuario de capa ATM = 1
1 0 0	Célula OAM F5 asociada al segmento
1 0 1	Célula OAM F5 asociada a extremo a extremo
1 1 0	Célula de gestión de recursos
1 1 1	Reservado para funciones VC futuras

Tabla 4.1. Valores del PT.

Cualquier elemento de red que esté en la condición de congestión debe transmitir un PT con el valor del bit 3 = 1 sin modificar los valores de los bits 2 y 4. Si el elemento de red no se encuentra en congestión, no debe modificar el valor del campo PT de las células.

- **Campo CLP (Prioridad de pérdida de célula):** Un usuario puede pedir como máximo dos clases de servicio diferentes para una misma conexión ATM, ligado normalmente a tráfico VBR, que variarán con respecto a los objetivos referentes a los diferentes parámetros de calidad de servicio (tasa de pérdida de células, etc.) el bit de prioridad de pérdida de célula permite alcanzar estos dos objetivos marcando a las células de alta prioridad con el bit de CLP=0, y a las de baja con CLP=1.

Si el usuario, por ejemplo un proveedor de servicio de vídeo codificado, puede seleccionar qué células son más sensibles a la pérdida, por ejemplo las de voz, puede ser beneficioso. En momentos de congestión de la red, ésta conocerá qué células pueden descartarse, las de baja prioridad con CLP=1, sin violar los parámetros de calidad de servicio negociados.

- **Valores preasignados de encabezamientos:** En la tabla 4.2 figuran los valores preasignados de encabezamiento de célula (para distinguir las células utilizadas en la capa ATM de las células utilizadas en la capa física). Todos los demás valores son para uso de la capa ATM.

TIPO DE CELULA	OCTETO 1	OCTETO 2	OCTETO 3	OCTETO 4
Reservado para uso de la capa física	PPPP0000	00000000	00000000	0000PPP1
Identificación de célula en reposo "idle cell"	00000000	00000000	00000000	00000001
Identificación de célula OAM de capa física	00000000	00000000	00000000	00001001
Identificación de célula no asignada	AAAA0000	00000000	00000000	0000AAA0

Tabla 4.2. Valores preasignados de encabezamientos.

4.3.2. Formato de encabezamiento de célula en las interfaces NNI.

En el diagrama de la figura 4.4 se muestra la estructura definida para el formato del encabezamiento a utilizar en las interfaces red-red (UNI). La diferencia con la interfaz UNI es que no existe campo GFC, utilizándose estos bits para añadirseles al campo VP que consta de 12 bits .

La célula ATM tiene una estructura de longitud fija compuesta por 53 octetos, divididos en dos partes: el encabezamiento de la célula compuesta por 5 octetos (campos: GFC (solo en UNI), VPI, VCI,PT y CLP) y un campo de información de 48 octetos para el transporte de la información de usuario generada por las capas superiores.

4.4. CONEXIONES DE CAPA ATM.

Como ya se ha mencionado, el ATM es una técnica de transferencia de información orientada a la conexión, de forma que para el transporte de la información, estructurada en células, **se utilizan conexiones a las que se les asigna un identificador** en el momento de su establecimiento, dejándose libre con la liberación de la conexión.

Cada célula tiene un identificador en su encabezamiento para conocer a qué conexión virtual pertenece. Este identificador está dividido en dos subniveles:

- Nivel de “Canal Virtual”, “VC” (Virtual Channel” en inglés)
- Nivel de “Trayecto Virtual”, “VP” (Virtual Path” en inglés)

Los términos de canal virtual (VC) y trayecto virtual son genéricos, utilizados para describir capacidades de comunicación unidireccionales para el transporte de células ATM.

La unidad básica de transporte ATM es el canal virtual. El trayecto virtual está constituido por un conjunto de canales virtuales multiplexados.

A su vez los trayectos virtuales que tienen los mismos puntos extremos son multiplexados para constituir el concepto de “**Trayecto de transmisión**”, que desempeña las funciones de transmisión en el nivel físico, es decir, se extiende entre los elementos de red que ensamblan y desensamblan el contenido útil de un sistema de transmisión.

Si representamos el trayecto de transmisión, véase la figura 4.5, como un tubo, veríamos tubos gordos que identifican los distintos VP’s y dentro de estos tubos más finos que representan a los VC’s.

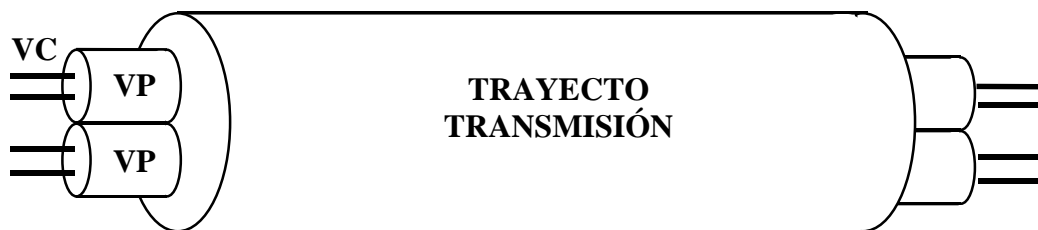
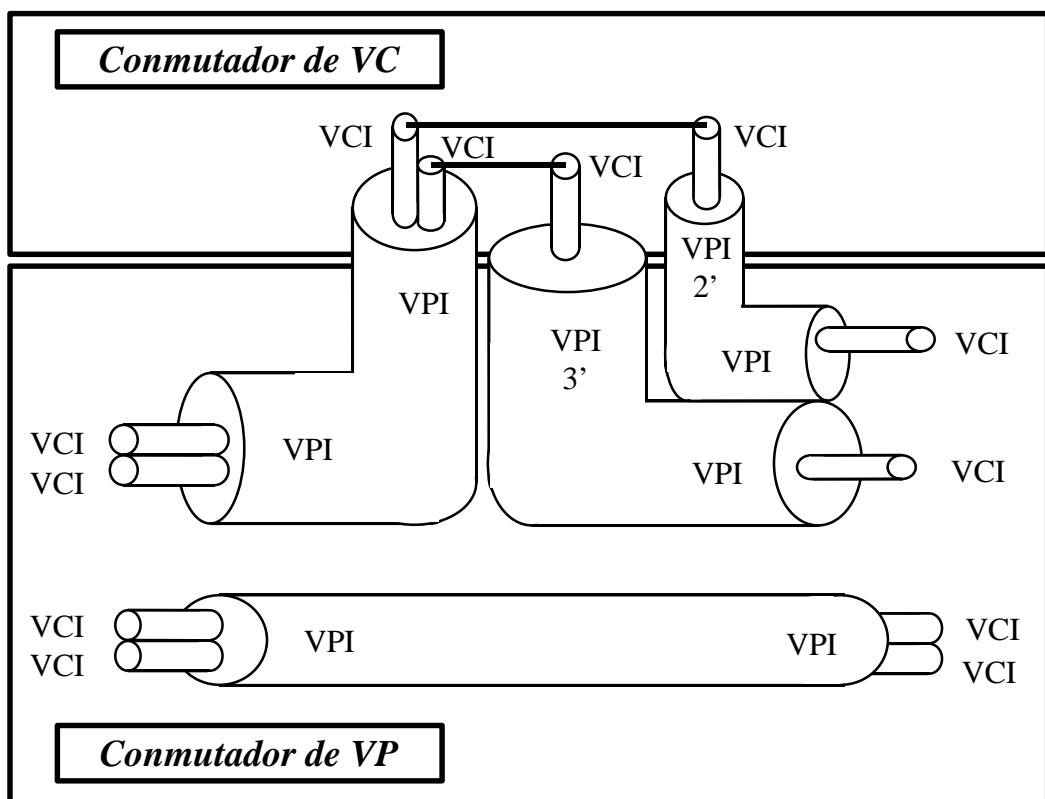


Figura 4.5. Concepto de VP y VC.

La unidad lógica básica de transporte ATM es el canal virtual. El trayecto virtual está constituido por un conjunto de canales virtuales multiplexados. A su vez los trayectos virtuales que tienen los mismos puntos extremos son multiplexados para constituir el concepto de trayecto de transmisión.

4.4.1. Identificadores de conexión (VPI/VCI).

En una determinada interfaz, los distintos VP's multiplexados en el mismo trayecto de transmisión son unívocamente reconocidos mediante un **Identificador de trayecto virtual VPI** (valores de 0 a 255 en el UNI y de 0 a 4095 en el NNI). De una forma similar, los distintos VC's multiplexados sobre el mismo VP son unívocamente reconocidos mediante un **Identificador de canal virtual VCI** (valores de 0 a 65535).



<i>Tabla de conmutación</i>			
VPI in	VCI	VPI out	VCI
1	1	3	3
1	2	2	4
4	1	5	1
4	2	5	2

Figura 4.6. Función de tratamiento y traducción de VPI/VCI.

En los elementos de conmutación de una red ATM se realiza la función de tratamiento y traducción de los identificadores de conexión, binomio VPI/VCI, para hacer que las células que llegan de las diferentes conexiones por un puerto de entrada, puedan encaminarse por los puertos de salida adecuados en función de la tabla de conmutación contenida en el propio nodo.

Este proceso se puede realizar, como se muestra en la figura 4.6, a nivel de VP .o a nivel VC. Si en el nodo la tabla de conmutación ha sido establecida por un procedimiento de gestión se habla de .Distribuidor-Multiplexor ATM, mientras que si ha sido establecida por un procedimiento de señalización se habla de Conmutador ATM.

Tal y como se muestra en la figura 4.7, donde se expone un ejemplo de una conexión ATM, se habla de enlaces de canal virtual entre los puntos donde se originan, traducen o terminan los VC, y se habla de enlaces de trayecto virtual entre los puntos donde se originan, traducen o terminan los VP. También se habla de conexiones de canal virtual (VCC) como una concatenación de enlaces de canal virtual, y de conexiones de trayecto virtual (VPC) como una concatenación de enlaces de trayecto virtual, como se refleja en la figura 4.8 donde se muestra la estructura jerárquica establecida para las conexiones ATM.

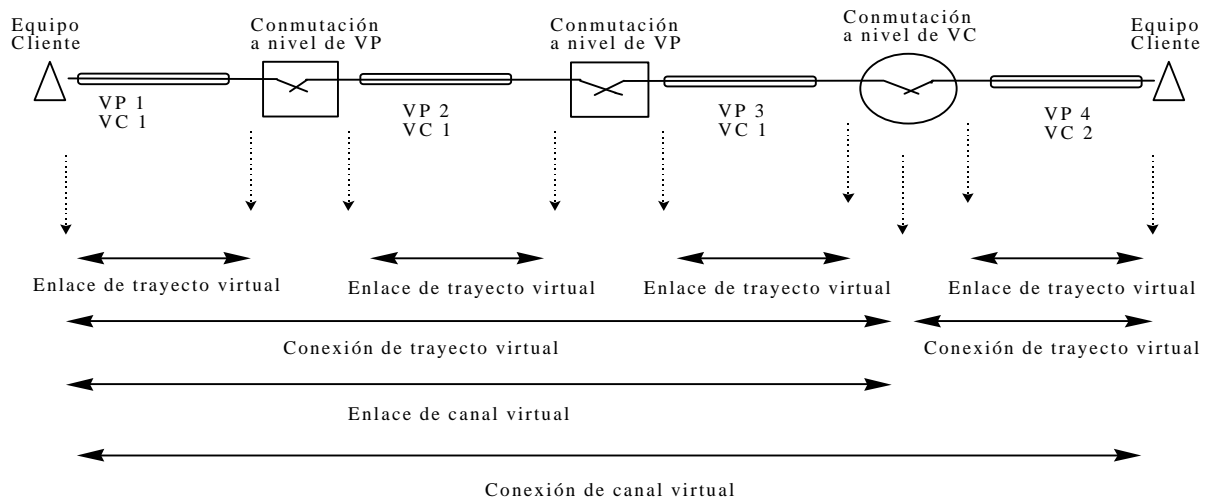


Figura 4.7. Ejemplo de conexión ATM.

En la figura 4.8 también se incluye la capa física, que se estructura en tres niveles.

- **El nivel de trayecto de transmisión** que se extiende entre elementos de la red que ensamblan y desensamblan el campo de información del sistema de transmisión (que es el que transporta las células ATM, la delimitación de células y las funciones de control de errores de encabezamientos son necesarias en los extremos de cada trayecto de transmisión).
- **El nivel de sección digital** que se extiende entre elementos del sistema de la red que ensamblan y desensamblan la secuencia continua de bits del sistema de transmisión (multiplexación y demultiplexación del sistema de transmisión).
- **El nivel de regenerador** que representa una porción de la sección digital que se extiende entre elementos de la red donde se regenera la señal digital del sistema de transmisión.

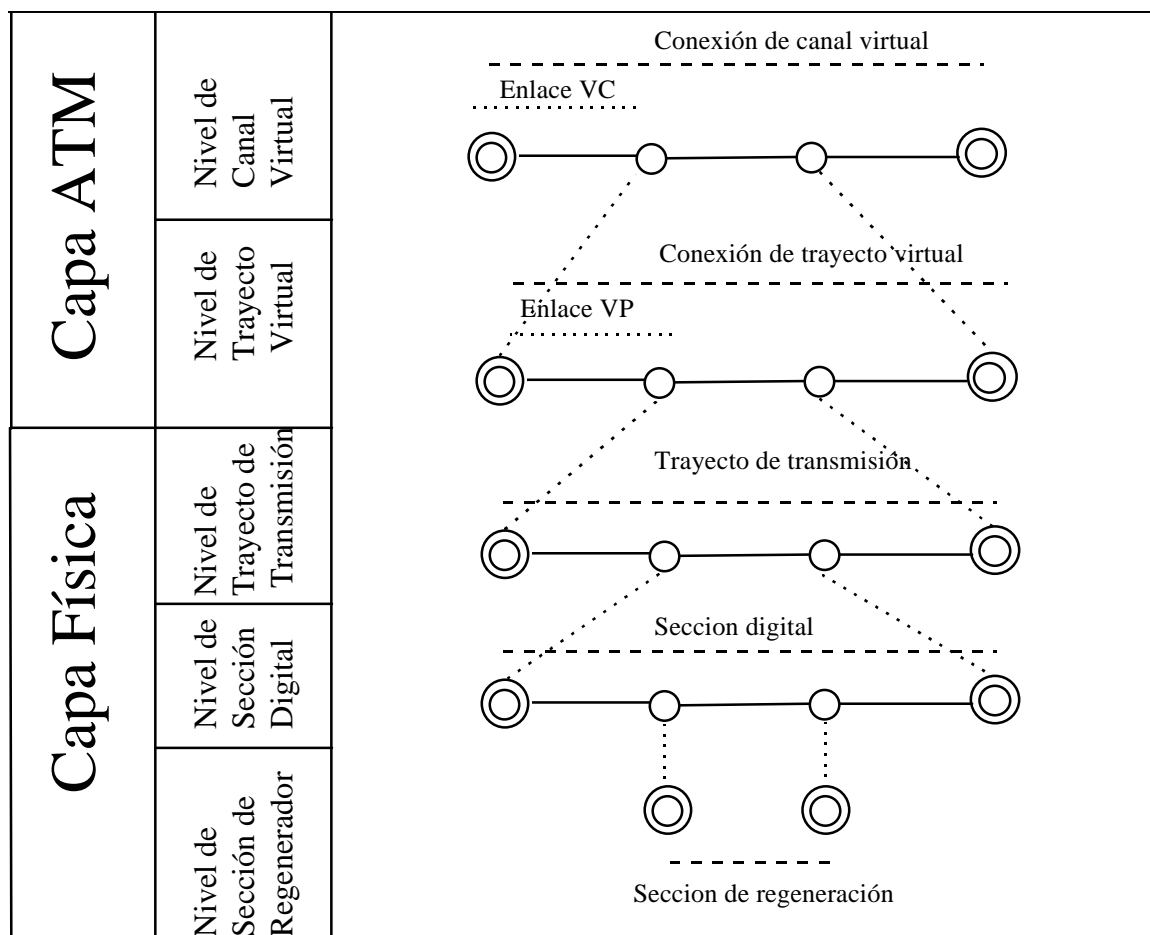


Figura 4.8. Estructura jerárquica de la conexión ATM.

Con lo visto hasta ahora podemos decir que una conexión ATM consiste en una concatenación de enlaces de capa ATM para proporcionar una capacidad de transferencia de información entre los puntos extremos de la conexión..

Una conexión ATM consiste en una concatenación de enlaces de capa ATM para proporcionar una capacidad de transferencia de información entre los puntos extremos de la conexión. En cada punto de la red las células que pertenecen a esta conexión están identificadas por los valores de VPI/VCI.

De todos los valores posibles VPI/VCI algunos están reservados para ciertas funciones tal y como se muestra en la tabla 4.3 para el UNI.

Notas a la tabla 4.3 siguiente

El código “XXXX XXXX” representa cualquier valor VPI (en las interfaces UNI, el valor de VCI = 5 en el VPI = 0, está reservado para la señalización usuario-red con la central local).

El código “SSSSS” asociado a los VCI puede tomar cualquier valor de 01000 a 01111.

El código “TTTTT” asociado a los VCI puede tomar cualquier valor de 10000 a 11111.

El significado de los valores de los bit A, B y C es el siguiente: A indica que puede ser 0 ó 1 y está disponible para uso de la función apropiada de la capa ATM, B indica que no importa y C indica que la entidad de señalización de origen pondrá el bit a 0 pero puede ser cambiado por la red.

El campo GFC está disponible para uso con todas estas combinaciones.

USO	VPI	VCI	PTI	CLP
Célula no asignada	0000 0000	0000 0000 0000 0000	Cualquier valor PTI	0
Inválido	Cualquier valor VPI distinto de 0000 0000	0000 0000 0000 0000	Cualquier valor PTI	B
Metaseñalización	XXXX XXXX	0000 0000 0000 0001	0AA	C
Señalización de difusión general	XXXX XXXX	0000 0000 0000 0010	0AA	C
Señalización punto a punto	XXXX XXXX	0000 0000 0000 0101	0AA	C
Flujo de células OAM F4 de segmento	Cualquier valor VPI	0000 0000 0000 0011	0A0	A
Flujo de células OAM F4 de extremo a extremo	Cualquier valor VPI	0000 0000 0000 0100	0A0	A
Célula de gestión de recursos VP	Cualquier valor VPI	0000 0000 0000 0110	110	C
Reservado para funciones VP futuras	Cualquier valor VPI	0000 0000 0000 0111	0AA	A
Reservado para funciones futuras	Cualquier valor VPI	0000 0000 000S SSSS	0AA	A
Reservado para funciones futuras	Cualquier valor VPI	0000 0000 000T TTTT	0AA	A
Flujo de células OAM F5 de segmento	Cualquier valor VPI	Cualquier valor VCI distinto de 0000 0000 0000 0000	100	A
Flujo de células OAM F5 de extremo a extremo	Cualquier valor VPI	Cualquier valor VCI distinto de 0000 0000 0000 0000	101	A
Célula de gestión de recursos VC	Cualquier valor VPI	Cualquier valor VCI distinto de 0000 0000 0000 0000	110	C
Reservado para funciones VC futuras	Cualquier valor VPI	Cualquier valor VCI distinto de 0000 0000 0000 0000	111	A

Tabla 4.3. Valores VPI/VCI preasignados.

Resumen

Dentro del modelo de capas de la RDSI-BA, la capa ATM tiene como misión transferir la información en forma de células a través de la red.

*Realiza todas las **funcionalidades asociadas al encabezamiento de las células**, exceptuado el HEC, que son las siguientes:*

- *Generación/extracción del encabezamiento de célula.*
- *Multiplexación/demultiplexación de células.*
- *Traducción de los identificadores de conexión.*

*La célula tiene un **formato de longitud fija (53 octetos)** divididos en dos campos:*

- ***El encabezamiento** (5 octetos).*
- ***Campo de información** (48 octetos).*

A su vez el Encabezamiento contiene los siguientes campos:

- *Control Genérico de Flujo (GFC).*
- *Encaminamiento (VPI/VCI).*
- *Tipo de carga útil (PT).*
- *Prioridad de pérdida de célula.*

Una conexión ATM está formada por una concatenación de enlaces de capa ATM, siendo la unidad lógica básica de transporte ATM es canal virtual. El trayecto virtual está constituido por canales virtuales multiplexados, y a su vez el trayecto de transmisión está formado por trayectos virtuales multiplexados .

4.5. EJERCICIOS DE COMPROBACIÓN.

1.- ¿Qué significa ATM?

- a) Manera de Transferencia Asíncrona
- b) Modo de Transferencia Síncrono
- c) Modo de Transferencia Asíncrono
- d) Método de Telecomunicaciones Asíncrono

2.- ¿Cuántos bytes tiene la célula ATM?

- a) 5
- b) 48
- c) 53
- d) 35

3.- ¿Cuántos bytes tiene la cabecera de una célula ATM?

- a) 5
- b) 48
- c) 53
- d) 35

4.- ¿Cuántos bytes tiene la carga útil de una célula ATM?

- a) 4
- b) 48
- c) 53
- d) 35

5.- El standard ATM comprende capas.

- a) 1
- b) 2
- c) 3
- d) 4

6.- Los tipos de interfaces ATM se denominan:

- a) UNI
- b) NNI
- c) Las dos anteriores
- d) Ninguna de las anteriores

7.- En ATM solamente se pueden realizar conexiones:

- a) VP
- b) VP/VC
- c) Todas las anteriores
- d) Ninguna de las anteriores

8.- En un interfaz NNI el rango de VP es:

- a) 0 - 1024
- b) 0 - 2048
- c) 0 - 512
- d) 0 - 4095

9.- En un interfaz UNI el rango de VC es:

- a) 0 - 1024
- b) 0 - 2048
- c) 0 - 512
- d) 0 - 4095

10.- El método de aprovechar los tiempos muertos de la línea se denomina:

- a) Concentración de canales
- b) Multiplexación estadística
- c) Unión de canales
- d) STM

SOLUCIONARIO

1c, 2c, 3a, 4b, 5c, 6c, 7c, 8d, 9d, 10b

TEMA 5

MODELO DE CAPAS: CAPA AAL

INTRODUCCIÓN

En este tema se describe la llamada capa de adaptación ATM (AAL, *ATM Adaptation Layer*) que, como su nombre indica, permite la adaptación de la funcionalidad ofrecida por la capa ATM a los requerimientos específicos de los servicios de usuario.

A tal efecto, tras mencionar sus características generales y la división de su funcionalidad en subcapas, así como la clasificación de los servicios que soporta, se caracterizan los diferentes tipos de AAL definidos en la actualidad para transporte de información de usuario: las llamadas AAL 1, AAL 2, AAL3/4 y AAL 5.

Con todo ello, y con relación a los dos temas anteriores (capas física y ATM), se concluye la definición de la torre de protocolo propia de ATM.

ESQUEMA DE CONTENIDO

5.1.- LA CAPA DE ADAPTACIÓN ATM

5.1.1.- Subcapas de la AAL

5.1.2.- Clases de Servicios AAL

5.2.- AAL1

5.2.1.- Servicio de capa AAL1

5.2.2.- Subcapa SAR de AAL1

5.2.3.- Subcapa CS de AAL1

5.3.- AAL2

5.4.- AAL 3 / 4

5.4.1.- Servicio de capa AAL 3 / 4

5.4.2.- Subcapa SAR de AAL 3 / 4

5.4.3.- Subcapa CS de AAL 3 / 4

5.5.- AAL 5

5.5.1.- Servicio de capa AAL 5

5.4.2.- Subcapa SAR de AAL 5

5.4.3.- Subcapa CS de AAL 5

5.6.- EJERCICIOS DE COMPROBACION

5.1. LA CAPA DE ADAPTACIÓN ATM.

La capa de adaptación ATM (AAL, *ATM Adaptation Layer*) es la encargada de **mejorar el servicio proporcionado por la capa ATM, adaptándolo a los requerimientos de los servicios específicos que hagan uso del modo de transferencia asíncrono**. La AAL se encuentra situada, por tanto, entre la capa ATM y las capas superiores de usuario (y control y gestión) en el modelo de referencia de protocolos definido anteriormente.

Para lograr este objetivo, la capa AAL mapea las PDU de usuario/control/gestión en el campo de información de una o más células ATM consecutivas en una conexión virtual, y viceversa en el sentido de transmisión inverso, aislando a la capa ATM de las características propias de los servicios específicos que la utilicen. En este tema se tratarán exclusivamente las AAL definidas para el soporte de información de usuario.

Debe tenerse en cuenta que la funcionalidad proporcionada por la capa AAL se realiza en los extremos de la red (salvo en casos excepcionales), es decir, en el equipamiento de usuario, y que está en relación directa con el tipo de servicio final que se utilice entre los usuarios origen y destino, como se refleja en la Figura 5.1 siguiente.

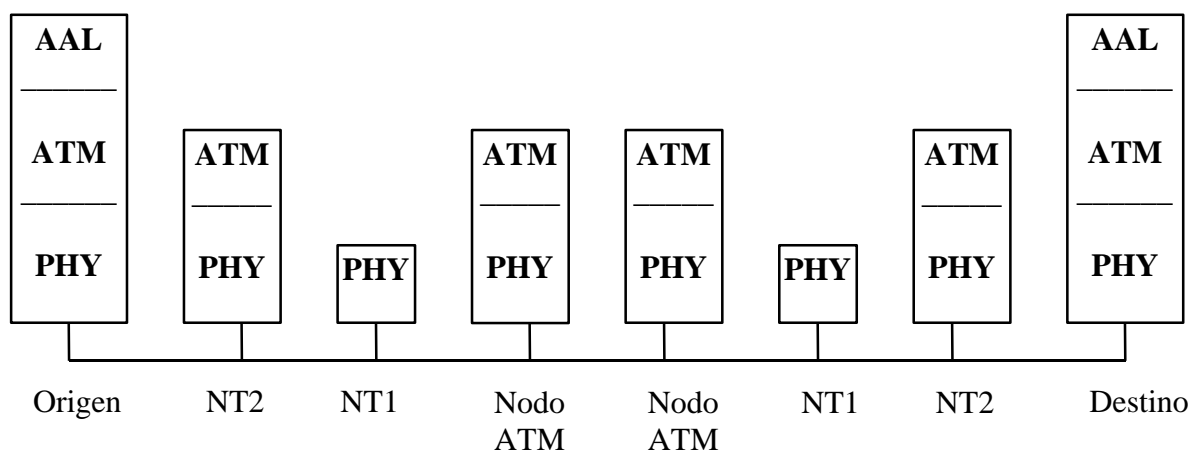


Figura 5.1. Modelo de conexión.

Nótese que, dado que la funcionalidad de la capa AAL depende del servicio por encima suyo (concretamente del tipo de información que éste maneje), deben existir tantas clases de protocolos de capa AAL como clases de servicio se identifiquen. Este tema se desarrolla en el apartado 5.1.2 siguiente, mientras que los distintos protocolos AAL (1, 2, 3/4 y 5) se tratan en los apartados 5.2 a 5.5.

El conjunto de funciones a soportar por la capa AAL se han agrupado a su vez en dos subcapas lógicas, SAR y CS, que se describen en el apartado 5.1.1.

5.1.1. Subcapas de la AAL.

Para realizar las funciones que le son propias, la capa AAL se ha dividido funcionalmente en dos subcapas lógicas, denominadas Subcapa de Convergencia (**CS**, *Convergence Sublayer*) y Subcapa de Segmentación y Reensamblado (**SAR**, *Segmentation And Reassembly sublayer*). En algunas aplicaciones, tanto la CS como la SAR pueden resultar inexistentes.

La funcionalidad proporcionada por la **subcapa CS** a sus usuarios (capas superiores a la AAL) consiste en ofrecerles el servicio de AAL, por lo que sus características dependerán de los servicios o grupos de servicios que a su vez soporten las capas superiores; este hecho da lugar, como ya se ha mencionado, a la aparición de distintos protocolos de capa AAL. Así, la función principal a desempeñar por parte de la subcapa CS consiste en adaptar las PDU de la información a transferir a los requerimientos de la subcapa SAR, incluyendo campos de información propios (*overhead*) si es necesario.

Para simplificar en lo posible la implementación de la AAL, la subcapa CS se ha dividido a su vez en otras dos: CS Parte Común (**CPCS**, *Common Part Specific Sublayer*) y CS Específica de Servicio (**SSCS**, *Service Specific Convergence Sublayer*, que realiza funciones específicas del servicio soportado cuando no resultan suficientes las proporcionadas por la CPCS: por ejemplo para señalización). Como se verá más adelante, las AAL1 y 2 no hacen distinción dentro de la subcapa CS.

Por otro lado, la **subcapa SAR** realiza la segmentación en bloques de 48 bytes de la información generada por la CS para entregárselos a la capa ATM y su reensamblado desde capa ATM a la CS en el extremo distante, incluyendo ciertos campos de información propios de esta subcapa (*overhead*) para llevar a cabo su cometido.

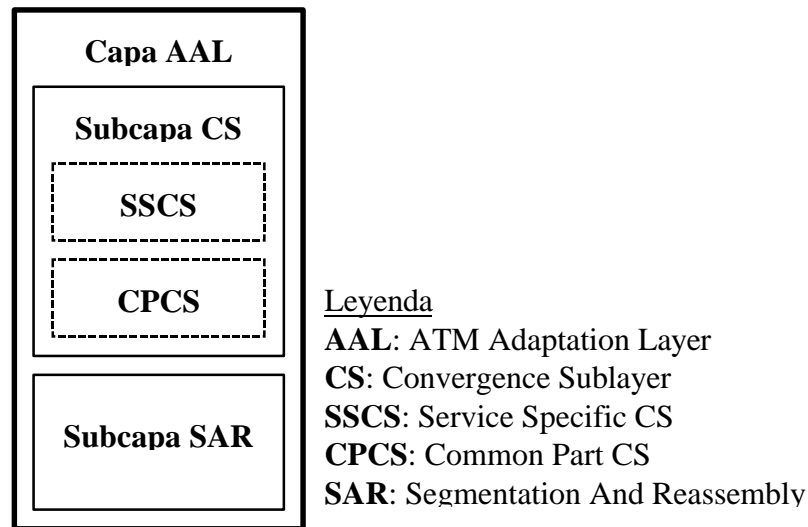


Figura 5.2. Torre de protocolos de capa AAL.

5.1.2. Clases de Servicios de la AAL.

Por la dependencia inherente que tiene la capa AAL con respecto a los distintos tipos de servicios que soporta, se han definido cuatro grupos básicos de servicios a fin de minimizar el número de protocolos de AAL, en base a tres parámetros únicamente (otros parámetros, como la seguridad o el soporte de pérdida de información, se tratan como calidad de servicio no dando lugar a distintos protocolos AAL): **relación de temporización entre origen y destino, modo de conexión y velocidad binaria**. Estos parámetros y las clases de servicio se describen en la Tabla 5.1 siguiente (Recomendación I.362).

Las cuatro clases de servicio definidas (de las ocho posibles combinaciones de los tres parámetros dados) dan lugar a los **cuatro tipos de protocolos de capa AAL definidos** en la actualidad (Recomendación I.363): AAL1, AAL2, AAL3/4 y AAL5. Cabe destacar que, para el caso en que no sea necesario llevar a cabo las funciones de capa AAL (i.e., que el servicio ofrecido por la capa ATM fuese suficiente para la aplicación de usuario) en la literatura se puede encontrar el término *AAL0*; asimismo, la AAL específica de señalización puede denominarse *AAL-S*. Nótese que estas cuatro AAL definidas no son las únicas posibles para llevar a cabo la adaptación de ATM a los distintos servicios, siendo posible que se normalicen otros protocolos AAL que permitan el soporte eficiente de grupos de aplicaciones concretas.

Parámetros	Clase A	Clase B	Clase C	Clase D
Temporización	Requerida		No Requerida	
Velocidad Binaria	Constante	Variable		
Modo de Conexión	Orientado a Conexión			Sin Conexión
Ejemplos	Vídeo/Audio	Vídeo	Datos	Datos

Tabla 5.1. Clasificación de Servicios para AAL.

Por lo que respecta a las AAL3/4 y 5, ambas son adecuadas para servicios de clases C y D, existiendo las diferencias que se especifican a continuación (que nacieron a raíz de requerimientos de fabricantes de equipamientos de usuarios de servicios de datos, que no consideraban ajustada a sus necesidades la definición de la capa AAL3/4 tal y como la realizó la ITU):

- AAL3/4 permite:
 - multiplexar varias tramas en una misma conexión AAL, aunque actualmente sólo es utilizada por SMDS/CBDS y se considera innecesaria
 - gestionar los buffers de recepción eficientemente
 - una tara de 4 bytes de SAR (por cada 44 bytes de CS) y 8 de CS (por cada 64 Kbytes de usuario máximo)
 - mejores características de protección frente a errores e inserción o pérdida de células, si bien la mayor parte de servicios sólo necesitan la funcionalidad de detección de errores
- AAL 5 permite:
 - gestionar información de prioridad y congestión
 - una tara de solamente 8 bytes (en subcapa CS) por cada 64 Kbytes de usuario, aprovechando eficientemente el ancho de banda disponible
 - utilizar menos hardware para su implementación

- mayor simplicidad global, si bien la práctica demuestra que no es completamente cierto
- funciones suficientes para los servicios de transmisión de datos

Con estas diferencias, tal y como se especificará en los apartados 5.4 y 5.5, en la actualidad la capa AAL3/4 se emplea para soportar el servicio SMDS/CBDS, siendo la AAL 5 la utilizada para la definición del resto de servicios de datos (en especial de clase C, i.e. orientados a conexión).

La AAL adapta el servicio proporcionado por la capa ATM a los requerimientos de los servicios de usuario que hagan uso del modo de transferencia asíncrono.

La funcionalidad ofrecida por la capa AAL se estructura en dos subcapas: la subcapa CS, dependiente de servicio, y la subcapa SAR, encargada de la segmentación/reensamblado de la información de usuario en bloques de 48 bytes adecuados para su transmisión/recepción vía capa ATM.

Se definen 4 clases de servicios genéricos (A, B, C y D) en base a las combinaciones de tres parámetros (temporización, velocidad binaria y modo de conexión), que dan lugar a la definición de distintos protocolos AAL (1, 2,3/4, 5 y otras).

5.2. AAL1.

La capa AAL1 proporciona la adaptación del servicio ofrecido por la capa ATM a los requerimientos de los usuarios relativos a transferencia de información de velocidad constante, orientados a conexión y con relación de temporización entre fuente y destino (servicios clase A).

Los servicios de usuario que harán uso de la capa AAL1 son entre otros:

- **Transporte de circuitos**, para emulación de circuitos E1,T1 ó E3 estructurados o no:
 - líneas alquiladas
 - interconexión de PABX

- interconexión de redes RDSI
- transporte transparente sobre G.703
- **Videoconferencia H.320**
- **Vídeo/Audio en tiempo real** sobre MPEG-2
- **Servicios vocales:**
 - telefonía vocal de 64 kbit/s
 - voz comprimida para servicios móviles (en fase de definición)

5.2.1. Servicio de capa AAL1.

Los servicios que proporciona a sus usuarios la capa AAL1 son los siguientes:

- transferencia de información de usuario (SDU) de velocidad constante y su entrega con la misma velocidad
- transferencia de información de temporización entre fuente y destino
- transferencia de información de la estructura de datos
- indicación, si se requiere, de información errónea o perdida que no pueda ser recuperada por la misma AAL

La interacción de la capa AAL1 con el plano de gestión se hace en base a las siguientes indicaciones:

- errores en la transmisión de información de usuario
- células perdidas o mal insertadas
- células con información de control de protocolo AAL errónea
- pérdida de temporización y sincronización
- desbordamiento de buffer

La interacción de la capa AAL1 con el plano de control queda en estudio (Recomendación I.363).

5.2.2. Subcapa SAR de AAL1.

La subcapa SAR de la AAL1, en el lado transmisor, acepta bloques de 47 bytes procedentes de la CS y les añade 1 byte de cabecera SAR para conformar la SAR-PDU que pasa a la capa ATM. En el extremo receptor, se realizan las funciones complementarias, pasándose 47 bytes a la capa CS distante.

En la figura siguiente se muestra la codificación del paquete (PDU) de subcapa SAR de AAL1. El total de bytes incluyendo encabezamiento es lógicamente 48, que se pasan a la capa ATM para su transmisión en la carga útil de una célula.

CSI	SC Sequence Count	CRC Cyclic Redundant Code	EP Even Parity	payload (SAR-SDU)
1 bit	3 bits SN Sequence Number	3 bits SNP SN Protection	1 bit	47 bytes
Encabezamiento (1 byte)				

Notas:

- **SN**, Número de Secuencia
 - **CSI**, Indicador de subcapa CS, por defecto 0.
 - **SC**, Contador de Secuencia, módulo 8.
- **SNP**, Protección de SN
 - **CRC**, Código de Redundancia Cíclica, se calcula sobre el campo SN.
 - **EP**, bit de Paridad Par, protege al resto de campos de la cabecera.

Figura 5.3. Estructura de AAL 1 SAR-PDU.

La funcionalidad ofrecida por la subcapa SAR-AAL1 mediante la utilización de los procedimientos asociados a los campos de la cabecera de la SAR-PDU son:

- **Numeración secuencial:** el campo SC de 3 bits lleva el valor del número de secuencia de la SAR-PDU tal y como lo indica la CS a la SAR; se utiliza para detectar la pérdida o mala inserción de la carga útil de la SAR-PDU (que corresponderían a células perdidas o mal insertadas).
- **Protección contra errores:** el campo SNP de 4 bits protege contra errores al resto de la cabecera SAR (campo SN, i.e. bit CSI y campo SC); en el receptor, se informa a la CS cuando existen errores que no se pueden recuperar, pudiéndose corregir errores de 1 bit o detectar errores de varios bits. Los 3 bits de código CRC se utilizan conjuntamente con los 4 bits propios del SN para proteger la resultante por medio del bit de paridad par EP.
- **Indicación de capa CS (opcional):** el bit CSI lleva información de existencia de la subcapa CS. Su valor por defecto es 0.

5.2.3. Subcapa CS de AAL1.

La subcapa CS-AAL1 realiza las siguientes funciones, no siendo necesaria en principio la inclusión de campos de sobrecarga a la información que el usuario pasa a la CS en transmisión y ésta a su vez a la SAR (viceversa en recepción):

- **Manejo de CDV**, por medio de buffers de compensación, al hacer entrega de los datos de usuario a velocidad constante.
- **Manejo del retardo de reensamblaje de la carga útil de células**, por medio del relleno parcial de la AAL-SDU con longitudes variables dependiendo del tipo de servicio soportado, pero constantes dentro de ese servicio; los bytes restantes para completar la célula son de relleno (*dummy bytes*). Ideado para servicio conversacional de bajo régimen binario y sensible a retardo, dada su ineficiencia de aprovechamiento de ancho de banda, se desestima de facto.
- **Recuperación de reloj en el receptor**: para servicios CBR, el extremo receptor debe proveerse de un reloj de las mismas características que el insertado por el extremo transmisor, a fin de realizar adecuadamente el play-back en recepción. Si se proporciona un servicio CBR síncrono (i.e. el reloj de servicio está enganchado en frecuencia al de red en transmisión y recepción, *frequency locked*) no resulta necesario realizar recuperación de reloj en recepción; en caso contrario (por ejemplo, si se necesita un reloj para la correcta obtención de la frecuencia utilizada por una cámara de vídeo, y es distinto al reloj de red), el reloj de servicio en recepción se extrae a través de un mecanismo de recuperación, para lo que se dispone de dos métodos:
 - **ACM** (*Adaptive Clock Method*): no necesita transportar las características del reloj de transmisión ya que calcula la frecuencia necesaria en recepción por medio del nivel de llenado de su buffer de salida; manteniendo el nivel del buffer de salida del receptor constante (aumentando la frecuencia de salida si el buffer tiende a llenarse, bajándola si tiende a vaciarse) se consigue la recuperación de reloj. Se basa por tanto en un procesado local en la AAL1 de recepción, siendo un método sencillo y barato de implementar y apropiado para servicios que no requieran un cumplimiento estricto de jitter y wander Rec. G.823 (por ejemplo servicios de videotelefonía, emulación de circuitos en redes privadas, circuitos vocales, etc.).
 - **SRTS** (*Synchronous Residual Time Stamp*): mide la frecuencia instantánea de servicio en el extremo transmisor con respecto a un reloj de referencia común (disponible también en el receptor) obtenido de la capa física (nótese que resulta necesaria la existencia de redes de transmisión SDH/SONET para que el reloj de referencia sea realmente *común*, o bien el reloj recuperado dependerá fuertemente del grado de plesincronía de la red); se

envía la diferencia dinámica junto a la información de usuario al extremo receptor, utilizando para ello el bit CSI de sucesivas CS-PDU's. Este método es adecuado para el transporte de emulación de circuitos plesiócronicos en redes públicas que deban cumplir con la Rec. G.823 para jitter y wander.

- **Recuperación en el receptor de la estructura de datos de la fuente (SDT method, Structured Data Transfer method):** el método estructurado permite la transferencia de bloques de información de usuario múltiplos de byte, vía punteros a los límites de la estructura. El tamaño de la estructura es arbitrariamente grande con independencia del tamaño de la célula y queda fijado una vez establecida la comunicación, siendo por tanto un método estático. SDT hace uso del bit CSI de la cabecera de la SAR-PDU para indicar la presencia del puntero (CSI=1), que apunta al principio de la estructura y va contenido en el primer octeto del payload de la SAR-PDU (el resto de 46 bytes contiene la información de usuario). Si no contiene puntero, todo el espacio útil de 47 bytes contiene información de usuario.
- **Monitorización de células perdidas y mal insertadas,** utilizando la indicación que hace la SAR relativa al campo SN
- **Métodos de corrección:** existen tres métodos basados en técnicas de **entrelazado de bytes** (*byte interleaving*) y corrección de errores hacia delante **FEC** (*Forward Error Correction*), orientados al transporte de vídeo y audio de alta calidad, de uso opcional por el notable incremento de retardo que conllevan, aparte de la tara introducida por los bytes FEC. Consisten básicamente en la organización de la información de subcapa CS a transmitir en forma de una matriz formada (escrita) por filas que contienen bytes de información más bytes de protección FEC, cuya transmisión (lectura) se realiza por columnas; la combinación de escritura/lectura junto con los códigos de protección hacen posible la corrección que se lleva a cabo. Los tres métodos mencionados son:
 - método de corrección de bits erróneos
 - método de corrección de bits erróneos y pérdida de células para servicios sin restricciones de retardo
 - método de corrección de bits erróneos y pérdida de células para servicios con restricciones de retardo

En la Tabla 5.2 se ofrece un resumen de algunas características relevantes de la CS utilizadas para los distintos servicios especificados.

Tipo de Servicio	Transferencia de bloques de	Reloj de Servicio	Corrección de errores y	Manejo de CDV
------------------	-----------------------------	-------------------	-------------------------	---------------

	usuario		pérdidas	
Emulación de circuitos	no estructurado / estructurado (SDT)	reloj síncrono / reloj plesiócrono (adaptativo o SRTS)	sin correcciones	buffer de compensación programable
Señales de vídeo	no estructurado	reloj síncrono / reloj plesiócrono (adaptativo)	con correcciones (opcional)	buffer de compensación programable
Señales vocales (telefonía)	no estructurado	reloj síncrono / reloj plesiócrono (adaptativo)	sin correcciones	buffer de compensación programable
Audio de alta calidad	no estructurado	reloj plesiócrono (adaptativo)	con correcciones (opcional)	buffer de compensación programable

Tabla 5.2. Funciones de CS para el transporte de distintos servicios.

El protocolo de capa AAL1 adapta el de capa ATM a servicios de clase A (velocidad constante, orientados a conexión y con relación de temporización).

La subcapa SAR de AAL1 realiza el segmentado y reensamblado de información de usuario, proporcionando numeración secuencial y protección contra errores de cabecera de SAR-PDU. El overhead incluido es de 1 byte.

La subcapa CS de AAL1 realiza las funciones necesarias para adaptar las características de servicios clase A a la transmisión ATM, entre ellas: recuperación de reloj en receptor (métodos ACM y SRTS), corrección por entrelazado de bytes y FEC, recuperación de estructura de datos en receptor (método SDT), manejo de CDV vía buffers en recepción, etc. No incluye overhead asociado.

5.3. AAL2.

La capa AAL 2 se define para el transporte de servicios de clase B, por tanto con velocidad variable de transferencia de información, con relación temporal entre fuente y destino y orientado a conexión.

Dadas estas características, debería comprender la funcionalidad mencionada para la AAL 1 y además incluir ciertas funciones que trataran la naturaleza variable de la velocidad de transmisión de información de los usuarios (por ejemplo para codificación de vídeo y audio MPEG2, en concurrencia con la AAL5 también utilizada a tal efecto).

La AAL 2 se encuentra en fase de definición en los organismos de normalización.

5.4. AAL 3 / 4.

La capa AAL3/4 proporciona la adaptación del servicio ofrecido por la capa ATM a los requerimientos de servicios de clases C y D, es decir, sin relación de temporización entre fuente y destino, velocidad variable de transferencia de información y tanto orientados (clase C) como no orientados (D) a la conexión.

Debe notarse que la AAL no realiza ella misma las funciones necesarias para la implementación de un servicio no orientado a la conexión, dado que algunas de ellas como el rutado y el direccionamiento de red se realizan, caso de requerirse, en capas superiores (i.e. de red, por ejemplo vía el protocolo SMDS).

Si bien la definición de la AAL3/4 es genérica para las clases de servicio C y D, en la actualidad solamente sirve de soporte al mencionado protocolo SMDS/CBDS, definiéndose el resto de servicios de datos sobre la AAL5, como se mencionó en el principio de este tema.

Por último, destacar que el nombre proviene históricamente de la unificación de funcionalidad de las previstas AAL 3 y 4 en una única especificación: en principio se pensó en una AAL3 para servicios de clase C y una AAL4 para D, pero la similitud de funcionalidad obligó a una única especificación conjunta en la AAL3/4.

5.4.1. Servicio de capa AAL3/4.

Dos **modos de servicio** de AAL3/4 se encuentran normalizados en la ITU:

- **Mensaje** (*message mode*): la capa superior pasa exactamente una unidad de datos a la AAL a través de la interfaz entre ambas para su transmisión.
- **Serie** (*streaming mode*): la capa superior, para cada una de sus unidades de datos, pasa una o más unidades de datos a la AAL a través de la interfaz entre ambas para su transmisión (utilizable para transporte de paquetes grandes de longitud variable). Incluye un mecanismo de petición de aborto de unidades parcialmente transferidas. Este modo de operación se encuentra en fase de definición.

Para ambos modos de servicio, se han definido los dos siguientes **procedimientos de operación** extremo a extremo:

- **Asegurado** (*assured procedure*): unidades erróneas o perdidas son retransmitidas a nivel de AAL, estableciéndose el mecanismo de control de flujo pertinente.
- **No asegurado** (*non-assured procedure*): las unidades erróneas o perdidas no son retransmitidas a nivel de AAL.

Cabe destacarse la sobrecarga que se introduce por parte de la AAL3/4 para la realización del servicio ofrecido: un total mínimo de 12 bytes (4 mínimo de SAR más 8 de CPCS) por cada unidad aceptada de la capa superior.

5.4.2. Subcapa SAR de AAL3/4.

La subcapa SAR específica de la AAL3/4 realiza la segmentación (transmisor) y reensamblado (receptor) de SAR-SDU de longitud variable entregadas por la CS, generando SAR-PDU de hasta 44 bytes de datos útiles, más 2 bytes de encabezado y otros 2 de cola. Además conlleva las siguientes funciones:

- integridad de la secuencia de SAR-SDU, dentro de una conexión SAR.
- preservación de SAR-PDU: mediante la codificación de los campos LI y ST.
- detección y tratamiento de errores: mediante codificación de los campos CRC y SN.
- multiplexación y demultiplexación: mediante la codificación del campo MID. El número de conexiones multiplexadas se negocia en la conexión (siendo por defecto igual a uno).
- aborto de SAR-SDU parcialmente transmitida (para el procedimiento de operación asegurado).

Se distinguen dos tipos de SAR-PDU:

- de transferencia de datos.
- de servicio de aborto para el procedimiento asegurado (codificando ST igual a EOM , LI igual a 63 y la carga útil rellena con ceros).

La estructura de la SAR-PDU se muestra en la Figura 5.4 siguiente.

ST Segment Type	SN Sequence Number	MID Multiplex Identifier	payload (SAR-SDU)	PAD	LI Length Indicator	CRC Cyclic Redundant Code
2 bits	4 bits	10 bits	hasta 44 bytes		6 bits	10 bits
Encabezamiento (2 bytes)					Cola (2 bytes)	

Notas:

- **ST**, Tipo de Segmento, toma los valores BOM (*Beginning Of Message*, inicio de mensaje), COM (*Continuation Of Message*, continuación de mensaje), EOM (*End Of Message*, fin de mensaje), SSM (*Single Segment Message*, mensaje de un solo segmento), de valores binarios 10, 00, 01 y 11 respectivamente. La carga útil entregada por la CS se segmenta en trozos de 44 bytes, asignándose al primero de ellos ST=BOM, al último ST=EOM y al resto ST=COM; si sólo se tiene un trozo de 44 bytes o menos, se asigna ST=SSM.
- **SN**, Número de Secuencia, es un contador módulo 16, con valor inicial aleatorio (por defecto 0) que se incrementa en 1 por cada PDU enviada.
- **MID**, Identificador de Multiplexación, implementa la multiplexación de varias conexiones SAR sobre una conexión de capa ATM. Si no se utiliza se rellena con ceros.
- **PAD**, Relleno, completa el payload con ceros hasta una longitud de 44 bytes.
- **LI**, Indicador de Longitud, indica el número de bytes útiles contenidos en payload, siendo los valores admisibles: si ST = BOM o COM, LI = 44; si ST = EOM, LI = 4 a 44, o bien 63 si es de aborto; si ST = SSM, LI = 8 a 44.
- **CRC**, Código de Redundancia Cíclica, se calcula sobre toda la SAR-PDU.

Figura 5.4. Estructura de AAL3/4 SAR-PDU.

5.4.3. Subcapa CS de AAL3/4.

Las funciones de la CS de la AAL3/4, en particular de su CPCS, para proporcionar el servicio no asegurado de transferencia transparente de tramas de longitud variable, son:

- preservación de la integridad de la trama
- preservación de la secuencia de trama

La estructura de la CPCS-PDU se muestra en la Figura 5.5.

CPI Common Part Indicator	Btag Beginning Tag	BAsize Buffer Allocation Size	payload (CPCS-SDU)	PAD	AL Alineation	Etag End Tag	LEN Length
1 byte	1 byte	2 bytes	hasta 65.535 bytes		1 byte	1 byte	2 bytes
Encabezamiento (4 bytes)					Cola (4 bytes)		

Notas:

- **CPI**, Indicador de Parte Común, posibilita la interpretación del resto de campos. En estudio, salvo por defecto a ceros (indica BAsize y LEN en bytes).
- **Btag**, Rótulo de Comienzo, permite la asociación encabezamiento - cola. Módulo 256. el receptor no verifica la secuencia de valores, simplemente cuando Btag=Etag indica CPCS-PDU completa.
- **BAsize**, Tamaño de Asignación de Buffer.
- **PAD**, Relleno, alineamiento a 4 bytes del payload, con ceros. Su longitud es de 0 a 3 bytes.
- **AL**, Alineamiento, alinea la cola de la CPCS-PDU a 4 bytes, con ceros.
- **Etag**, Rótulo de Fin, asociación encabezamiento - cola. Ver Btag.
- **LEN**, Longitud, de payload (máximo 64 Kbytes). En el receptor, permite indicar ganancia o pérdida de información.

Figura 5.5. Estructura de AAL3/4 CPCS-PDU.

El protocolo de capa AAL3/4 adapta el de capa ATM a servicios de clase C y D (velocidad variable, orientados o no orientados a conexión y sin relación de temporización).

Se proporcionan dos modos de servicio (mensaje y serie) y dos procedimientos de operación (asegurado y no asegurado).

La subcapa SAR de AAL3/4 realiza el segmentado y reensamblado de información de usuario, proporcionando integridad de secuencia y preservación de PDU, detección y tratamiento de errores y multiplexación de varias conexiones en una conexión SAR. El overhead incluido es de 4 bytes cada 44 de datos de subcapa CS.

La subcapa CS de AAL3/4 realiza las funciones necesarias para adaptar las características de servicios de clase C y D a la transmisión ATM, preservando la integridad y secuencia de trama. El overhead incluido es de 8 bytes por cada unidad de datos de usuario.

5.5. AAL5.

La capa AAL 5 proporciona, al igual que la AAL3/4, la adaptación del servicio ofrecido por la capa ATM a los requerimientos de servicios de clases C y D, es decir, sin relación de temporización entre fuente y destino, velocidad variable de transferencia de información y tanto orientados (clase C) como no orientados (D) a la conexión.

Debe notarse que la AAL no realiza ella misma las funciones necesarias para la implementación de un servicio no orientado a la conexión, dado que algunas de ellas como el rutado y el direccionamiento de red se realizan, caso de requerirse, en capas superiores.

De las características propias de la AAL5, teniendo en cuenta sus ventajas frente a la AAL3/4 (véase 5.1.2), esta capa se ha impuesto como la preferida para realizar la adaptación de servicios de datos sobre ATM.

5.5.1. Servicio de capa AAL5.

El servicio en modo mensaje y serie, así como las operaciones aseguradas y no aseguradas son idénticas a las definidas para la AAL3/4 en el apartado 5.4.1. De igual manera, el servicio en modo serie se encuentra en fase de definición.

La sobrecarga que introduce la AAL5 al flujo de información del usuario es de únicamente 1 byte a nivel de subcapa CS por unidad de datos de usuario.

5.5.2. Subcapa SAR de AAL5.

La subcapa SAR específica de la AAL5 realiza la segmentación (transmisor) y reensamblado (receptor) de SAR-SDU de longitud variable entregada por la CS, generando SAR-PDU de hasta 48 bytes de datos útiles. Además conlleva las siguientes funciones:

- preservación de la SAR-SDU y de la integridad de secuencia: mediante la utilización del bit de indicación de usuario a usuario de capa ATM (**AUU**, *ATM User to User*) del campo PTI contenido en la cabecera de célula ATM; un valor 0 indica principio o continuación de información de subcapa CS (SAR-SDU), mientras que 1 indica final de esa información.
- tratamiento de la información de congestión y prioridad: la SAR pasa la información proveniente de capas superiores a la inferior y en sentido contrario; de nuevo, la información de prioridad y congestión se transmite mediante los campos adecuados en la cabecera de cada célula ATM correspondiente.

5.5.3. Subcapa CS de AAL5.

Las funciones que desempeña la CS de la AAL5, concretamente su CPCS, para implementar el servicio no asegurado de transferencia transparente de tramas de longitud variable, son:

- tratamiento de la información de congestión y prioridad, mediante su retransmisión a las capas superiores e inferiores
- protección / detección de errores
- detección de pérdida o inserción de información
- preservar la secuencia de tramas
- transmisión de información de control usuario a usuario a nivel de CPCS (vía el campo UUI)

- función de aborto de CPCS-SDU parcialmente transmitida (para servicio en modo serie)

La estructura de la CPCS-PDU se muestra en la figura 5.6.

payload (CPCS-SDU)	PAD	UUI User to User Info	CPI Common Part Indicator	LEN Length	CRC Cyclic Redundant Code
hasta 65.535 bytes		1 byte	1 byte	2 bytes	4 bytes
Cola (8 bytes)					

Notas:

- **PAD**, Relleno, alineamiento de toda la PDU a múltiplo entero de 48 bytes, con ceros. Longitud de 0 a 47 bytes.
- **UUI**, Indicador Usuario a Usuario a nivel de CPCS, es transportado transparentemente.
- **CPI**, Indicador de Parte Común (tipo de trama), posibilita la interpretación del resto de campos y el alineamiento de la cola a 8 bytes. En estudio, salvo por defecto a ceros.
- **LEN**, Longitud, de payload (máximo 64 Kbytes), codificada en binario. En el receptor, permite indicar ganancia o pérdida de información. (para la función de aborto se codifica a ceros)
- **CRC**, Código de Redundancia Cíclica, se calcula sobre toda la PDU.

Figura 5.6. Estructura de AAL 5 CPCS-PDU.

El protocolo de capa AAL5 adapta el de capa ATM a servicios de clase C y D (velocidad variable, orientados o no orientados a conexión y sin relación de temporización).

Se proporcionan dos modos de servicio (mensaje y serie) y dos procedimientos de operación (asegurado y no asegurado).

La subcapa SAR de AAL5 realiza el segmentado y reensamblado de información de usuario, proporcionando integridad de secuencia y preservación de PDU y tratamiento de congestión y prioridad. No tiene overhead incluido, utilizando para ello campos de la cabecera de cada célula ATM generada.

La subcapa CS de AAL5 realiza las funciones necesarias para adaptar las características de servicios de clase C y D a la transmisión ATM, preservando la integridad y secuencia de trama, tratamiento de congestión y prioridad, protección y detección de errores, detección de pérdida o inserción de información y transmisión de información de usuario a usuario. El overhead incluido es de 8 bytes.

Resumen

La AAL adapta el servicio proporcionado por la capa ATM a los servicios de usuario. Se estructura en dos subcapas: CS, dependiente de servicio, y SAR, encargada de la segmentación/reensamblado de la información de usuario en bloques de 48 bytes para su envío por capa ATM. Se definen 4 clases de servicios (A, B, C y D) en base a las combinaciones de 3 parámetros: temporización, velocidad binaria y modo de conexión.

AAL1 adapta servicios de clase A. La subcapa SAR realiza el segmentado y reensamblado, proporcionando numeración secuencial y protección contra errores de cabecera, con overhead de 1 byte. La subcapa CS realiza las funciones de: recuperación de reloj en receptor (métodos ACM y SRTS), corrección por entrelazado de bytes y FEC, recuperación de estructura de datos (método SDT) y manejo de CDV vía buffers en recepción, etc., sin overhead asociado.

AAL2 adapta servicios de clase B. En fase de definición.

AAL3/4 adapta servicios de clase C y D. Se proporcionan dos modos de servicio (mensaje y serie) y dos procedimientos de operación (asegurado y no asegurado). La SAR realiza el segmentado y reensamblado, proporcionando integridad de secuencia y preservación de PDU, detección y tratamiento de errores y multiplexación de varias conexiones en una conexión SAR, con overhead de 4 bytes cada 44 de datos de subcapa CS. La CS realiza las funciones necesarias para preservar la integridad y secuencia de trama, siendo su overhead 8 bytes por cada unidad de datos de usuario.

AAL5 adapta servicios de clase C y D. Proporciona 2 modos de servicio (mensaje/serie) y 2 procedimientos de operación (asegurado/no asegurado). La SAR realiza el segmentado y reensamblado, proporcionando integridad de secuencia y preservación de PDU y tratamiento de congestión y prioridad, sin overhead incluido (utiliza campos de la cabecera de célula ATM). La CS preserva la integridad y secuencia de trama, trata la congestión y prioridad, realiza protección y detección de errores, detección de pérdida o inserción de información y transmisión de información de usuario a usuario, siendo su overhead de 8 bytes.

5.6. EJERCICIOS DE COMPROBACIÓN.

1.- ¿Cuántas capas AAL pueden existir?

- a) sólo cinco: 1, 2, 3/4, 5 y la de señalización
- b) Tantas como servicios se identifiquen
- c) Tantas como clases de servicios se identifiquen

2.- ¿Qué subcapa de AAL puede ser vacía o inexistente?

- a) CS si el servicio es ATM puro
- b) SAR si el servicio es ATM puro
- c) Ambas
- d) No se contempla la posibilidad

3.- El tamaño de payload de SAR-AAL1 es 47 bytes:

- a) Porque no cabe más en una célula
- b) Falso, es 48 bytes porque ése es el tamaño del payload de la célula
- c) Porque utiliza el byte restante para implementar su protocolo entre pares

4.- Si un usuario entrega 94 bytes para transmisión a la AAL1, ¿cuántas células ATM se generan?

- a) Siempre 2
- b) Nunca 2
- c) Depende de la capacidad de segmentación de la SAR-AAL1
- d) Depende de la funcionalidad propia de la CS-AAL1

5.- ¿Qué pasa en recepción si se pierde una célula ATM?

- a) Se pierde 1 célula AAL
- b) Se pierde 1 célula SAR
- c) Se pierde 1 célula CS
- d) Se pierde 1 SAR-PDU

6.- Para transmitir tráfico IP sobre ATM:

- a) Es imprescindible hacerlo sobre AAL5 por la razón de que AAL 5 rellena con PAD la longitud que no utilice
- b) Se puede hacer sobre AAL3/4
- c) No se puede hacer sobre AAL3/4 porque el paquete IP no cabe en una SAR-PDU de AAL3/4

7.- La AAL3/4 se diferencia de la AAL5 en que:

- a) Caben más datos por CS-PDU en la 3/4
- b) La tara a nivel SAR es mayor en la AAL5
- c) Todas las anteriores
- d) Ninguna de las anteriores

8.- Como la SAR AAL5 no tiene campos de sobrecarga propios:

- a) Simplemente segmenta y reensambla
- b) Sí tiene campos de sobrecarga propios
- c) Se establece el protocolo entre pares por otro medio

9.- Para un usuario que manda datos muy de vez en cuando y de tamaño que se puede representar en hexadecimal con 72 caracteres, es más eficiente en ancho de banda usar:

- a) AAL 3/4
- b) AAL 5
- c) AAL 1
- d) Ninguna de las anteriores

10.- De las 4 clases de servicios definidas, es para velocidad constante:

- a) Clase A
- b) Clase B
- c) Clase C
- d) Todas las anteriores

SOLUCIONARIO

1c, 2c, 3c, 4d, 5d, 6b, 7d, 8c, 9d, 10a

TEMA 6

OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

INTRODUCCIÓN

El objetivo de este capítulo es realizar una introducción a los principios de operación y mantenimiento (OAM) que se realizan en la RDSI-BA.

Para ello analizaremos los objetivos OAM que se deben tener en cuenta en una Red de Telecomunicaciones, y veremos como en la Red ATM se hace una estratificación en cinco niveles, correspondientes a las capas física y ATM, para realizar las funciones de OAM.

Se detallarán los procedimientos, basados en “flujos”, que se utilizan en la capa física, y sobre todo en la capa ATM que es donde reside la potencia OAM de la RDSI-BA.

Por último se describirán las principales funciones OAM que se realizan en las capas física y ATM.

ESQUEMA DE CONTENIDO

6.1.-PRINCIPIOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO EN LA RDSI-BA.

6.2.- ESTRUCTURACION EN CAPAS DE LAS FUNCIONES OAM.

6.2.1.- Flujos OAM-Capa Física

6.2.2.- Flujos OAM-Capa ATM.

6.3.- FUNCIONES OAM.

6.3.1.- Definición de señales de mantenimiento.

6.3.2.- Funciones OAM de la Capa Física.

6.3.3.- Funciones OAM de la Capa ATM.

6.4.- FORMATO DE LAS CELULAS OAM DE LA CAPA ATM.

6.5.- EJERCICIOS DE COMPROBACION

6.1. PRINCIPIOS DE OPERACION Y MANTENIMIENTO (OAM) EN LA RDSI-BA.

En este apartado se analizan las funciones requeridas para operar y mantener una Red RDSI-BA, centrándonos en los aspectos **relativos a la Capa Física**, que dependen de la estructura de transmisión empleada, y **a la Capa ATM donde reside la potencia OAM de la RDSI-BA.**

Las funciones se aplican a todas las conexiones, tanto de trayecto virtual (VP) como de canal virtual (VC), que pueden encaminarse por la RDSI-BA. Los mecanismos, funciones y protocolos que se describen se aplican a todos los tipos de conexiones ATM, es decir permanentes, semipermanentes, reservadas y de canal virtual conmutadas (con señalización) salvo que se mencione lo contrario. En la especificación de las funciones de OAM se tienen en cuenta los siguientes principios:

- **Vigilancia de las prestaciones de Red:** es una función que procesa la información de usuario para producir información de mantenimiento sobre la misma, que es añadida a la de usuario en el origen de la conexión/enlace y extraída en el otro extremo de la conexión/enlace. El análisis de esta información de mantenimiento permite obtener una estimación de la integridad del medio de transporte.
- **Detección de defectos y fallos:** mediante la verificación continua o periódica se detectarán defectos y fallos que afectan al transporte de la información de usuario. Como resultado se producirá una notificación del evento de mantenimiento o alarmas (una o varias).
- **Protección del sistema:** el efecto de un fallo sobre la información del usuario es minimizado mediante el bloqueo de las entidades bajo fallo o el cambio a otras entidades de reserva. Como resultado la entidad bajo fallo queda excluida para operación.
- **Información de defectos:** La información relativa a los defectos detectados es proporcionada a otras entidades de gestión. También se enviarán respuestas a las peticiones de información de estado.
- **Localización de fallos:** Si la información de fallo disponible es insuficiente, se puede determinar, mediante sistemas de prueba, la entidad que ha fallado.

Principios de Operación y Mantenimiento:

- *Vigilancia de las prestaciones de Red*
- *Detección de defectos y fallos*
- *Protección del sistema*
- *Información de defectos*
- *Localización de fallos*

6.2. ESTRUCTURACIÓN EN CAPAS DE LAS FUNCIONES DE OAM.

Las funciones OAM en la red **se realizan de una forma estructurada en cinco niveles** jerárquicos, que se corresponden a los cinco niveles de la capa física y capa ATM que se mostraban en la figura 4.9. Por tanto, no se realizan funciones de OAM asociadas a capas superiores.

Las funciones correspondientes a cada uno de estos niveles OAM se realizan mediante su correspondiente flujo de información bidireccional. **Los Flujos OAM se denominan F1, F2 y F3 los de capa física y F4 y F5 los de capa ATM**, tal y como se reflejan en la figura 6.1. Dependiendo de las configuraciones y medios utilizados en la red, algunos de los flujos pueden no estar presentes, en cuyo caso las funcionalidades perdidas podrán ser absorbidas por el nivel superior.

Los niveles establecidos para las funciones OAM , tal y como se muestra en la figura 6.1, son los cinco siguientes:

Capa ATM

- **Nivel de canal virtual (F5):** se extiende entre elementos de red que realizan la terminación de las conexiones VC.
- **Nivel de trayecto virtual (Flujo F4):** se extiende entre elementos de red que realizan la terminación de las conexiones VP.

Capa Física

- **Nivel de trayecto de transmisión (Flujo F3):** se extiende entre elementos de la red que ensamblan y desensamblan el campo de información del sistema de

transmisión (En los puntos extremos de cada trayecto de transmisión se deben realizar las funciones de delineación de células y de control de errores de encabezamiento HEC).

- **Nivel de sección digital (Flujo F2):** se extiende entre elementos de red que realizan la función de puntos extremos de la sección de transmisión.
- **Nivel de sección de regenerador (Flujo F1):** se extiende entre elementos de red que realizan la función de regeneración de la señal digital del sistema de transmisión.

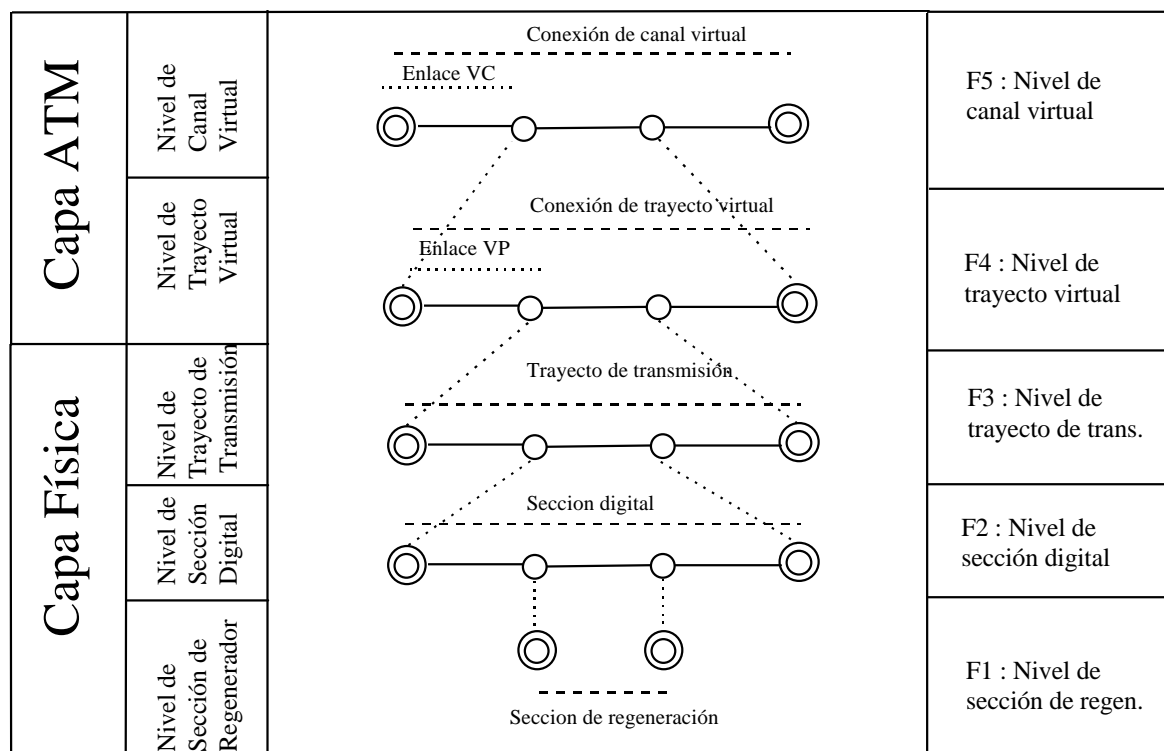


Figura 6.1. Estructura jerárquica de los flujos OAM.

Las funciones OAM son desempeñadas por la entidad de gestión de capa del PRM RDSI-BA, manteniendo el principio de independencia entre capas. Los resultados de las funciones de gestión de capa además pueden ser notificados a la entidad de gestión del nivel superior o a la entidad de gestión de plano del PRM RDSI-BA.

Las funciones OAM en la red se realizan de una forma estructurada en cinco niveles jerárquicos:

- Capa física:

F1: Nivel de sección de regeneración

F2: Nivel de sección digital

F3: Nivel de trayecto de transmisión

- Capa ATM:

F4: Nivel de trayecto virtual

F5: Nivel de canal virtual

6.2.1. Flujos OAM-Capa Física.

La capa física **contiene los tres niveles más bajos** de la figura 6.1. Como ya hemos visto, la localización de estos niveles es la siguiente:

- F1: Nivel de sección de regeneración
- F2: Nivel de sección digital
- F3: Nivel de trayecto de transmisión

Los mecanismos para proporcionar las funciones OAM de la capa física dependerán del tipo de sistema de transmisión que se esté utilizando.

En el caso de sistemas de transmisión síncronos JDS, los flujos F1 y F2 son transportados en la tara de sección SOH (F1 en RSOH y F2 en MSOH), y el flujo F3 en la tara de trayecto (POH), contenidos en el encabezamiento de las tramas JDS como ya hemos estudiado en el Tema 3.

En los sistemas de transmisión plesiócronicos (JDP), se dispone de mecanismos OAM propios (por ejemplo, mecanismo de violación del CRC). Adicionalmente la tara de la trama desempeña las funciones características de los flujos F1 y F3 (F1 es soportada por bytes de alineación de trama y el resto de la tara constituye el flujo F3).

En los sistemas de transmisión basados en células, los flujos F1 y F3 (no poseen F2) se transportarían mediante células OAM específicas, generadas por la propia capa física y con una configuración determinada en la encabezamiento. Para cada tipo (F1 y F3)

se define un espaciado máximo, y si se excede se genera una alarma de Pérdida de Flujo de Mantenimiento (**LMF**, *Loss of Maintenance Flow*).

6.2.2. Flujos OAM-Capa ATM.

Como cualquier sistema moderno, las redes basadas en ATM también requieren canales de servicio. Dado que no siempre se pueden reservar bytes o bits específicos de un canal, un trayecto o de la señal de línea (pues a ciertos niveles la red sólo transporta células completas), se creó el concepto de “**Flujos de células de OAM**” entre los distintos elementos de red. Es posible comparar los flujos OAM con los canales de servicio presentes en los encabezamientos de las tramas de SDH.

Para las funciones de Operación y Mantenimiento se utilizan flujos de células especiales de OAM.

La capa ATM contiene los dos niveles OAM superiores, tal como se describe en la Figura 6.1. La asignación de los flujos OAM es la siguiente:

- **F4: nivel de trayecto virtual.**
- **F5: nivel de canal virtual.**

Estos flujos OAM, tanto para conexiones de canal virtual (*VCC, virtual channel connections*) como para conexiones de trayecto virtual (*VPC, virtual path connections*), son proporcionados por células ATM dedicadas a estas funciones y reconocibles por la codificación específica de su encabezamiento.

6.2.2.1. Mecanismo de flujo F4.

El flujo F4 es bidireccional y sus células deben utilizar el mismo VPI que las células de usuario correspondientes a dicha VPC, siendo identificadas por uno o más valores VCI preasignados (el mismo en ambos sentidos del flujo F4). Las células OAM correspondientes a los dos sentidos del flujo F4 deben seguir la misma ruta física, con el

fin de que todos los puntos de conexión que soportan dicha conexión puedan correlacionar la información de averías y calidad de funcionamiento procedente de ambos sentidos.

En el nivel F4, el término «célula de usuario» es utilizado para OAM según los valores VCI indicados en la tabla 6.1.

Existen dos tipos de flujos F4, que pueden coexistir en una VPC, a saber:

- **Flujo F4 de extremo a extremo** – Este flujo, que se identifica mediante un VCI normalizado (VCI=4), se utiliza para las comunicaciones de operaciones OAM extremo a extremo de la VPC.
- **Flujo F4 de segmento** – Este flujo, que se identifica mediante un VCI normalizado (VCI=3), se utiliza para comunicaciones relacionadas con operaciones OAM dentro de los límites de un enlace VPC o de varios enlaces VPC interconectados. Dicha concatenación de enlaces VPC (por ejemplo los controlados por una Administración) se denomina segmento VPC.

VCI	Interpretación	Categoría
0	Célula no asignada (VPI = 0)	No célula de usuario
0	No utilizada (VPI > 0)	
1	Célula de metaseñalización (UNI)	Célula de usuario
2	Célula de señalización de difusión general (UNI)	
3	Célula de flujo F4 OAM de segmento	No célula de usuario
4	Célula de flujo F4 OAM de extremo a extremo	
5	Célula de señalización punto a punto	Célula de usuario
6	Célula de gestión de recursos	No célula de usuario
7-15	Reservado para futuras funciones normalizadas	
16-31	Reservado para futuras funciones normalizadas	Célula de usuario
VCI > 31	Disponibile para transmisión de datos de usuario	

Tabla 6.1. «Células de usuario» al nivel F4.

Los flujos F4 de extremo a extremo deberán terminar en los extremos de una VPC y los flujos F4 de segmento en los puntos de conexión que terminan un segmento VPC. Los puntos intermedios (esto es, los puntos de conexión) situados a lo largo de la VPC o del segmento podrán supervisar las células OAM que pasan por esa conexión o segmento e insertar nuevas células OAM, pero no pueden terminar el flujo OAM, salvo cuando se realizan bucles. En este caso, la célula de bucle puede ser extraída del flujo OAM por el punto intermedio donde ha de efectuarse el bucle y la célula bucleada puede ser extraída por el originador del bucle a su recepción.

6.2.2.2. Mecanismo del flujo F5.

El flujo F5 es bidireccional, y sus células tienen los mismos valores VPI/VCI que las células de usuario de la VCC correspondiente, siendo identificadas por el identificador de tipo de carga útil (PTI, *payload type identifier*). El mismo valor PTI se utilizará en ambos sentidos del flujo F5. Las células OAM correspondientes a ambos sentidos del flujo F5 deben seguir la misma ruta física, con el fin de que todos los puntos de conexión que soportan dicha conexión puedan correlacionar la información sobre averías y calidad de funcionamiento procedente de ambos sentidos.

En el nivel F5, el término «célula de usuario» es utilizado para OAM según los valores PTI indicados en el Tabla 6.2.

Existen dos tipos de flujo F5, que pueden coexistir en una VCC, a saber:

- **Flujo F5 de extremo a extremo** – Este flujo, que se identifica mediante un PTI normalizado (PTI=101), se utiliza para las comunicaciones de operaciones VCC de extremo a extremo.
- **Flujo F5 de segmento** – Este flujo, que se identifica mediante un PTI normalizado (PTI=100), se utiliza para la información sobre operaciones de comunicación dentro de los límites de un enlace VCC o de varios enlaces VCC interconectados. Dicha concatenación de enlaces (por ejemplo los controlados por una Administración) VCC se denomina segmento VCC.

Los flujos F5 de extremo a extremo deberán terminar en los extremos de una VCC y los flujos F5 de segmento en los puntos de conexión que terminan un segmento VCC. Los puntos intermedios (esto es, los puntos de conexión) situados a lo largo de la VCC o del segmento podrán supervisar las células OAM que pasan por esa conexión o segmento e insertar nuevas células OAM, pero no pueden terminar el flujo OAM, salvo cuando se

realizan bucles. En este caso, la célula de bucle puede ser extraída del flujo OAM por el punto intermedio donde ha de efectuarse el bucle, y la célula bucleada puede ser extraída por el originador del bucle a su recepción.

Código PTI	Interpretación	Categoría
000	Célula de datos de usuario, no se experimenta congestión	Células de usuario
001		
010	Célula de datos de usuario, se experimenta congestión	
011		
100	Célula de flujo F5 OAM de segmento	No células de usuario
101	Célula de flujo F5 OAM de extremo a extremo	
110	Célula de gestión de recurso	
111	Reservado para futuras funciones normalizadas	

Tabla 6.2. «Células de usuario» al nivel F5.

6.2.2.3. Asociación de los mecanismos OAM con las funciones de transporte.

En la Figura 6.2 se muestra un ejemplo de conexión de canal virtual soportada por todos los niveles inferiores de red, mostrando también los mecanismos OAM asociados con cada nivel. Los niveles de sección digital y de sección de regeneración se muestran combinados bajo el término F2,F1.

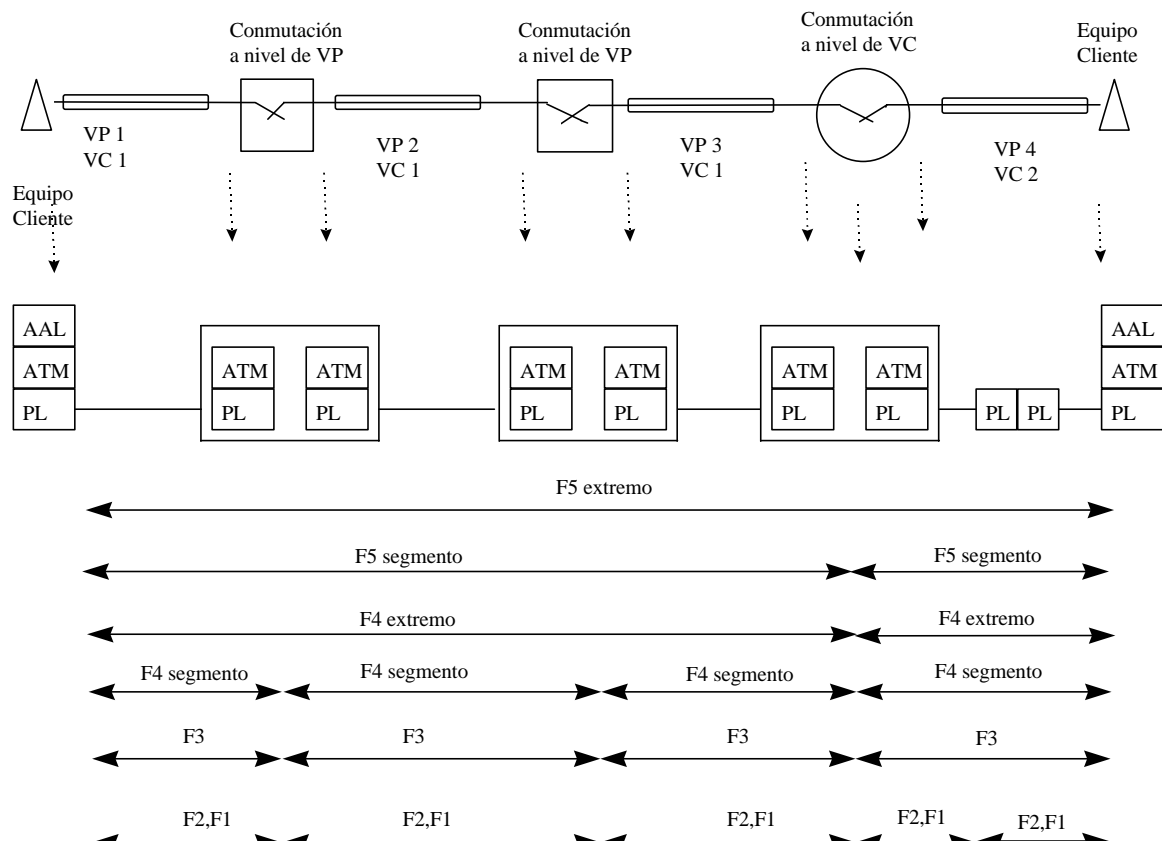


Figura 6.2. Ejemplo de mecanismos para flujos OAM.

Normalmente, los flujos extremo a extremo se activan por defecto en el momento de establecimiento de la conexión y los flujos de segmento son activados por el plano de gestión.

6.3. FUNCIONES OAM.

En este apartado hablaremos de las funciones de operación y mantenimiento que se realizan tanto en la capa física como en la capa ATM. Previamente se realiza una definición de las señales relacionadas con el mantenimiento.

6.3.1. Definición de señales de mantenimiento.

A continuación se definen una serie de señales relacionadas con el mantenimiento:

- **Pérdida de señal (LOS, Loss Of Signal)** – Se detecta una LOS en el inicio de la duración de un esquema de todos ceros. Se considera que se ha producido LOS cuando la amplitud de la señal pertinente ha descendido por debajo de los límites prescritos (por ejemplo un valor al que se prevé una tasa de errores de 10^{-3}) durante un periodo prescrito. Se abandona el estado LOS cuando se reciben n (por ejemplo 2 ó 3) patrones de trama válidos consecutivos.
- **Fuera de trama (OOF, Out Of Frame)** - Se detecta OOF cuando se han recibido n (por ejemplo 4 ó 5) o más esquemas de alineación de trama con errores consecutivos. Se abandona el estado OOF cuando se reciben n (por ejemplo 2 ó 3) patrones de trama válidos consecutivos.
- **Pérdida de trama (LOF, Loss Of Frame)** – Se detecta una LOF cuando persiste el estado OOF durante X ms (por ejemplo 0 a 3 ms lo que llevaría a un máximo de 24 tramas malas). Se abandona el estado LOF cuando existe un estado de “en trama” durante X ms (por ejemplo 0 a 3 ms).
- **Pérdida de puntero (LOP, Loss Of Pointer)** – Se detecta una LOP cuando se reciben N (N=8,9 ó 10) punteros consecutivos no válidos . Se abandona el estado LOP cuando se reciben tres punteros consecutivos válidos iguales.
- **Pérdida de delimitación de célula (LOC, Loss Of Cell delineation)** – La interfaz detecta una LOC cuando se ha detectado N (7 en JDS) HEC incorrectas consecutivas. Se abandona este estado cuando se reciben N (7 en JDS) HEC correctas.
- **Señal de indicación de alarma de sección múltiplex (MS-AIS, Multiplex Section Alarm Indication Signal)** – MS-AIS es una señal STM-1 que contiene una ara de sección válida y un esquema aleatorizado «todos unos» en el resto de la señal. Cuando se detecta LOS o LOF en la señal entrante, MS-AIS es generada por el regenerador dentro de X μ s. MS-AIS es detectada como «todos unos» en los bits 6, 7 y 8 del octeto K2 después de la desaleatorización.
- **Señal de indicación de alarma de trayecto (P-AIS, Path Alarm Indication Signal)** – Se envía P-AIS para avisar al equipo en el sentido de transmisión que se ha detectado un fallo. P-AIS es una señal «todos unos» en los octetos H1, H2 y H3, así como en toda la cabida útil. Cuando se detecta un fallo o MS-AIS, se genera P-AIS dentro de X μ s.
- **Indicación de defecto distante de sección de multiplexación (MS-RDI, Multiplex Section Remote Defect Indication)** (antes denominado: Fallo de recepción de extremo distante de sección múltiplex (MS-FERF, Multiplex Section Far End Receive Failure)) – MS-RDI avisa al equipo en el sentido opuesto de

transmisión que se ha detectado un fallo. Cuando se detecta LOS, LOF o una MS-AIS en la señal entrante, se envía MS-RDI dentro de $n \mu\text{s}$ insertando el código «110» en las posiciones de bits 6, 7 y 8 del octeto K2.

- **Indicación de defecto distante de trayecto (P-RDI, Path Remote Error Indication)** (antes denominado: fallo de recepción de extremo distante de trayecto **P-FERF, Path Far End Receive Failure**) – P-RDI avisa al equipo de terminación del trayecto asociado que se ha declarado un fallo en el sentido de transmisión a lo largo del trayecto STM. Si se detecta LOS, LOF, LOP, LOC, MS-AIS o P-AIS, se genera P-RDI dentro de $X \mu\text{s}$ poniendo a uno el bit 5 del octeto G1 del estado de trayecto.
- **Indicación de error distante (REI, Remote Error Indication)** (antes denominado: error de bloque en el extremo distante **FEBE Far End Block Error**) se usa cuando se detecta bloques de bits entrelazados como erróneos mediante el código BIP-N correspondiente. El MS-REI viaja en el byte M1, y el P-REI en los bits 1 a 4 del G1.

SEÑALES DE MANTENIMIENTO

<i>LOS</i>	<i>Pérdida de señal</i>
<i>OOF</i>	<i>Fuera de trama</i>
<i>LOF</i>	<i>Pérdida de trama</i>
<i>LOP</i>	<i>Pérdida de puntero</i>
<i>LOC</i>	<i>Pérdida de delimitación de célula</i>
<i>MS-AIS</i>	<i>Señal de indicación de alarma de sección múltiplex</i>
<i>P-AIS</i>	<i>Señal de indicación de alarma de trayecto</i>
<i>MS-RDI</i>	<i>Indicación de defecto distante de sección de multiplexación</i>
<i>P-RDI</i>	<i>Indicación de defecto distante de trayecto</i>
<i>REI</i>	<i>Indicación de defecto distante</i>

6.3.2. Funciones OAM de la capa física.

En la figura 6.3 se presentan ejemplos de realizaciones prácticas de flujos OAM de capa física en algunas configuraciones físicas para acceso de cliente de la RDSI-BA.

En la capa física se pueden diferenciar dos tipos de funciones OAM:

- Funciones especializadas en la detección e indicación del estado de indisponibilidad.
- Funciones especializadas en la supervisión de la calidad de transmisión.

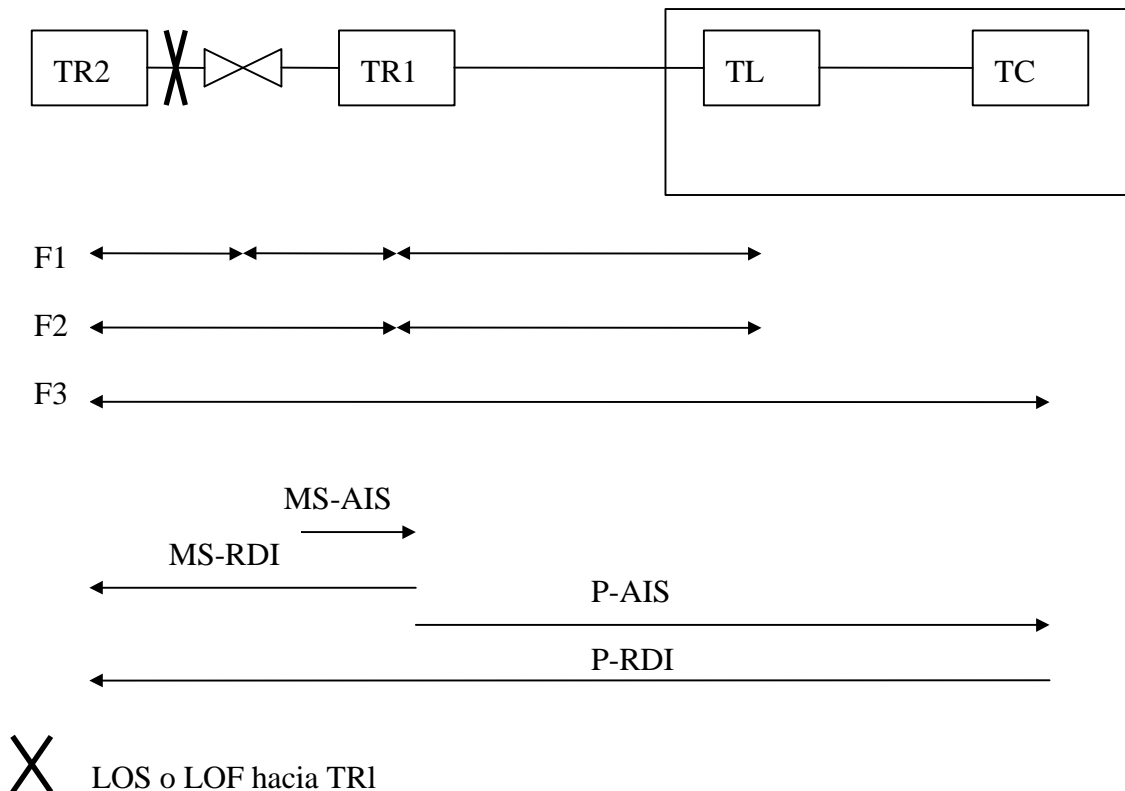


Figura 6.3 Ejemplos de configuraciones y flujos OAM de Capa Física.

6.3.2.1. Funciones OAM especializadas en la detección/indicación del estado de indisponibilidad.

Se basa en la definición de dos tipos de señales de mantenimiento para la capa física, con el fin de indicar la detección y localización de un fallo de transmisión. Dichas señales son las siguientes:

- señal de indicación de alarma (**AIS**, *Alarm Indication Signal*),
- Indicación de defecto distante (**RDI**, *Remote Defect Indication*, anteriormente **FERF**, *Far End Receive Failure*).

Se utiliza la AIS para avisar al punto de terminación asociado en el sentido de transmisión de que se ha detectado un fallo y se ha dado aviso del mismo.

Se utiliza la Indicación de defecto distante (RDI) para avisar al punto de terminación asociado, en el sentido opuesto de transmisión, de que se ha detectado un fallo a lo largo del trayecto. También deberá utilizarse la RDI de trayecto para indicar la pérdida de la delimitación de célula.

En los sistemas de transmisión basados en células se emplean células OAM con octetos reservados para transmitir este tipo de señales.

En los sistemas de transmisión plesiócronicos también se transmiten estas señales, por ejemplo si nos fijamos en la trama del 34 Mbit/s, según la G.832, se utiliza el bit 1 del byte MA para RDI y se transmite el AIS con “todos a unos”.

En los sistemas JDS si nos fijamos en un STM-1 se utilizan: en la tara de sección los bits 6,7 y 8 del byte K2 (MS-AIS=111, MS-RDI(MS-FERF)=110). En la tara de trayecto el P-AIS es “todos unos” en los octetos H1, H2 y H3 así como en toda la cabida útil, y el P-RDI (P-FERF) bit 5 del byte G1 a 1.

6.3.2.2. Funciones OAM especializadas en la supervisión de la calidad de transmisión .

Estas funciones OAM se emplean para detectar y notificar errores de transmisión, empleándose también para la localización de equipos con fallos. Estas funciones pueden estar soportadas mediante flujos F1,F2 y F3 o por otros medios (por ejemplo, a través de las interfaces Q3 de gestión).

Como ejemplos de estas funciones podemos mencionar:

- Supervisión de errores a nivel de la sección de regeneración.
- Supervisión/informe de errores a nivel de sección múltiplex.
- Supervisión/informe de errores a nivel de trayecto de transmisión.

Como ejemplo más completo, si nos fijamos en la trama STM-1 de la JDS tendremos:

- La verificación de la sección de regeneración (flujo F1) se realiza mediante la BIP-8 del octeto B1. En la tara de sección de regeneración RSDH no se prevén capacidades para la supervisión de la señal saliente hacia atrás.
- En la sección SDH (flujo F2), la verificación de la señal entrante se efectúa mediante la BIP-24 o BIP-96 insertada en el campo B2 (para las velocidades de bits de 155 520 kbit/s y 622 080 kbit/s, respectivamente). Para supervisar la señal saliente hacia atrás, se utiliza el valor de REI (indicación de defecto distante antes FEBE) error de bloque en el extremo distante (FEBE). Esta cuenta de errores, obtenida comparando la BIP calculada con el valor de B2 de la señal entrante en el extremo distante, se inserta en el byte M1 y se envía hacia atrás, para informar al punto de terminación de sección del extremo cercano sobre la característica de error de su señal saliente mediante el valor de REI.
- Análogamente a la sección SDH, en el trayecto SDH (flujo F3) se verifica la señal entrante mediante la BIP-8 del octeto B3. La señal saliente se verifica mediante el valor de FEBE de trayecto de los bits 1 a 4 del octeto G1.

Octeto	Función	Codificación (Nota 1)
Tara de sección de STM		
A1, A2	Alineación de trama	
C1	Identificador de STM-1	
B1	Supervisión de errores de sección de regeneración (Nota 2)	BIP-8
B2	Supervisión de errores de sección múltiplex	BIP-24 (155 520 kbit/s) BIP-96 (622 080 kbit/s)
H1, H2	Puntero de AU, AIS de trayecto	Todos «1»
H3	Operación de puntero	
K2 (bits 6 a 8)	AIS de sección/RDI(FERF) de sección múltiplex (Nota 6)	111/110
Z2 (Nota 4)	Informe de error de sección (REI(FEBE))	Cuenta de errores de B2
Tara de trayecto de VC		
J1	ID/verificación de trayecto	
B3	Verificación de errores de trayecto	BIP-8
C2	Etiqueta de señal de trayecto	Células MTA (Nota 3)
G1(bits 1 a 4)	Informe de error de trayecto (REI(FEBE))	Cuenta de errores de B3
G1(bit 5)	RDI(FERF) de trayecto (Nota 5)	1
NOTAS		
1 Sólo se indica la codificación del octeto pertinente para la realización de la función OAM.		
2 El empleo de B1 para la verificación de los errores en la sección de regenerador a través del UNI depende de la aplicación y es, por tanto facultativo.		
3 El código de la etiqueta de señal para el contenido útil de la célula ATM es 0001 0011.		
4 Utilizando la notación de la Recomendación G.708, los bits que deben utilizarse son los bits (2-8) del octeto S (9, 6, 1) en el caso de la interfaz a 155 520 kbit/s y los bits (2 a 8) del octeto S (9, 4, 3), en el caso de la interfaz a 622 080 kbit/s.		
5 Deberá también utilizarse RDI(FERF) de trayecto para indicar la pérdida de la delimitación de célula.		
6 La aplicabilidad de la AIS de sección múltiplex (MS-AIS) en el UNI de banda ancha queda en estudio.		
7 La numeración de bits empleada en este Cuadro difiere del convenio establecido en la Recomendación I.361, pero coincide con el utilizado en la Recomendación G.709.		

Tabla 6.3. Asignación de los octetos de tara SDH en el UNI de banda ancha.

Como ejemplo de las funciones OAM de capa física en la figura 6.4 se representa algunos de los estados que pueden aparecer en un nodo de conmutación ATM, suponiendo una interfaz STM-1.

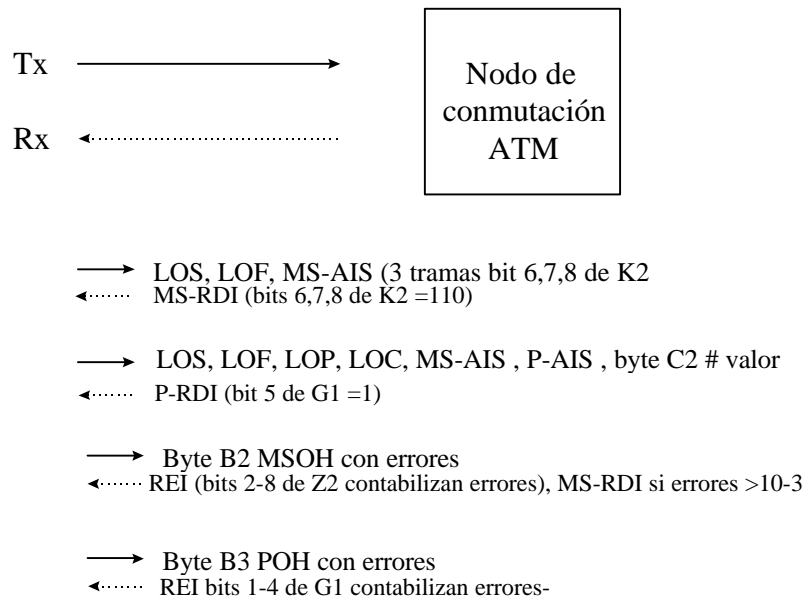


Figura 6.4 Señales de mantenimiento, interfaz de 155 Mbit/s, en nodo ATM.

En la capa física se pueden diferenciar dos tipos de funciones OAM:

- *Funciones especializadas en la detección e indicación del estado de indisponibilidad.*
- *Funciones especializadas en la supervisión de la calidad de transmisión.*

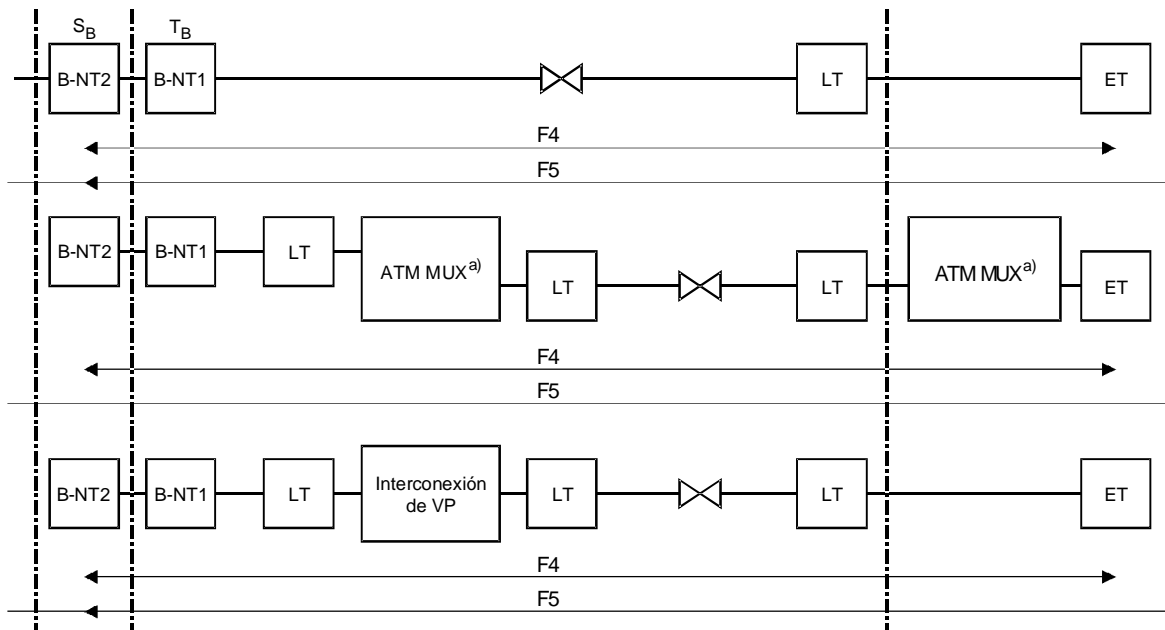
6.3.3. Funciones OAM de la capa ATM.

En la figura 6.5 se presentan ejemplos de realizaciones prácticas de flujos OAM de capa ATM en algunas configuraciones físicas para acceso de cliente de la RDSI-BA.

En la capa ATM se pueden diferenciar distintos tipos de funciones OAM que operan tanto a nivel de trayecto virtual como de canal virtual:

- **Funciones de gestión de averías de VP/VC**
 - Detección/comunicación de fallos (VP/VC-AIS y VP/VC-RDI).
 - Comprobación de continuidad de VP/VC.
 - Localización de fallos (capacidad de bucle de VP/VC).

- **Funciones de supervisión de la calidad de funcionamiento**, tanto hacia adelante como hacia atrás, de VP/VC.
- **Funciones de activación/desactivación** para la supervisión de la calidad de funcionamiento y la comprobación de continuidad.
- **Funciones de gestión del sistema** de utilización solo por sistemas de extremo.



a) ATM MUX sin terminación de VP.

Figura 6.5. ejemplos de configuraciones físicas para acceso de clientes.

6.3.3.1. Funciones de gestión de averías de VP/VC.

Cabe destacar las siguientes:

- **VP-AIS/VC-AIS.**
 - Se generarán , y enviarán (una célula por segundo) en sentido descendente a todas las VPC/VCC activas afectadas, células VP-AIS/VC-AIS desde el punto de conexión VP/VC (por ejemplo, una transconexión ATM) que detecta el defecto VPC/VCC al nivel VP/VC, cuando se detecte un fallo de

la capa física (LOS, LOF, LOP, LOC, P-AIS, MS-AIS) o se detecte pérdida de continuidad en la capa VP/VP-VC .

- Se suspenderá la generación de células VP-AIS/VC-AIS tan pronto como se supriman las indicaciones de defecto que las originaron.
 - Condiciones de declaración y liberación de estado VP-AIS – El estado VP-AIS/VC-AIS es declarado en el punto extremo de la VPC/VCC tan pronto como se reciba una célula VP-AIS/VC-AIS o se detecte un fallo de la capa física (LOS, LOF, LOP, LOC, P-AIS, MS-AIS) o un defecto VPC/VPC-VCC (por ejemplo, pérdida de continuidad de VPC) en este punto extremo. El estado VP-AIS/VC-AIS se libera cuando se recibe una célula de usuario (véase la tabla 6.1) o una célula de comprobación de continuidad. Si no se activa la comprobación de continuidad, el estado VP-AIS/VC-AIS es también liberado si las células VP-AIS/VC-AIS están ausentes durante 2,5 segundos nominales, con un margen de $\pm 0,5$ segundos.
- **VP-RDI/VC-RDI.**
 - Se generarán y enviarán (una célula por segundo) células VP-RDI/VC-RDI al extremo distante desde un punto extremo de VPC/VCC tan pronto como éste declare un estado VP-AIS/VC-AIS, con objeto de indicar hacia atrás una interrupción de la capacidad de transferencia de células hacia adelante al nivel VP/VC.
 - Se suspenderá la generación de células VP-RDI/VC-RDI tan pronto como se libere el estado VP-AIS/VC-AIS.
 - Condiciones de declaración y liberación de estado *VP-RDI/VC-RDI* – El estado VP-RDI/VC-RDI es declarado en el punto extremo de VPC/VCC tan pronto como se reciba una célula VP-RDI/VC-RDI en este punto. El estado VP-RDI/VC-RDI se libera en el punto extremo de la VPC/VCC cuando no se recibe ninguna célula VP-RDI/VC-RDI durante un periodo nominal de 2,5 segundos, con un margen de $\pm 0,5$ segundos.

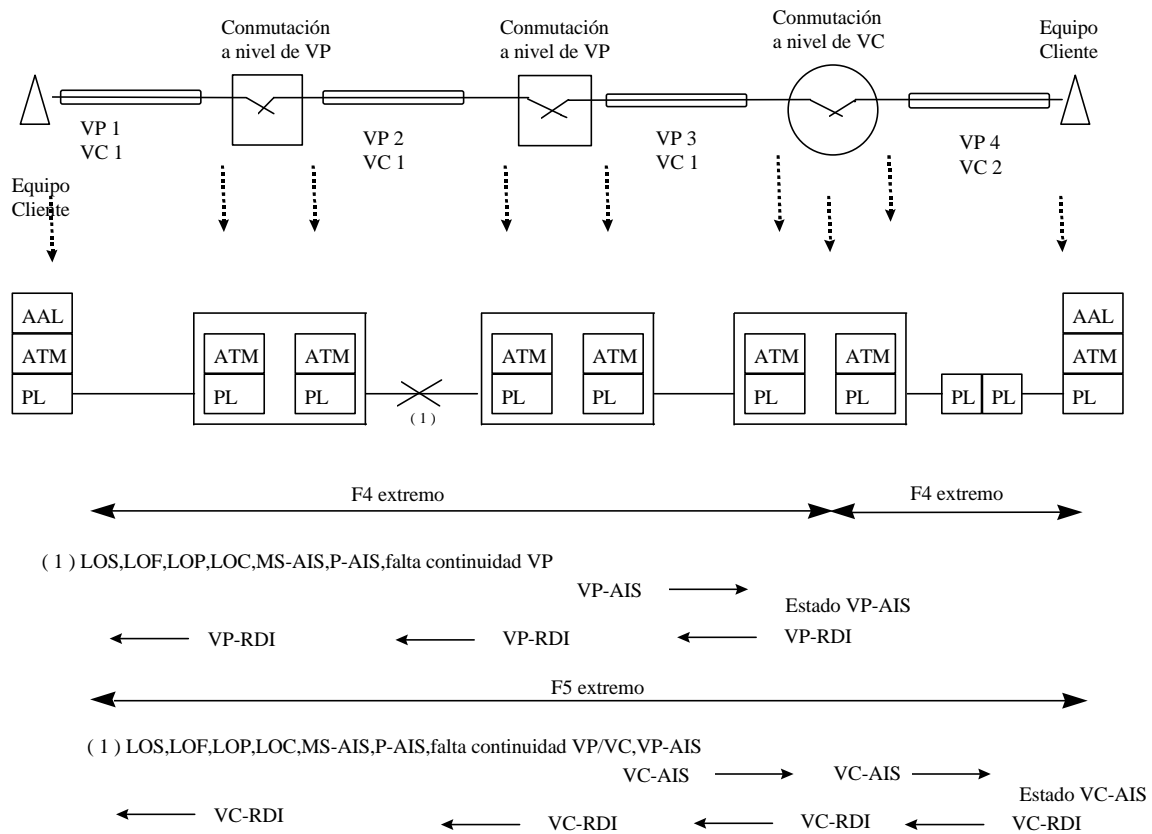


Figura 6.6. Alarmas OAM en capa ATM.

• **Comprobación de continuidad de VPC/VCC.**

- La comprobación de continuidad (CC, *Continuity Check*), para conocer automáticamente el estado de disponibilidad de la conexión o de un segmento, puede realizarse simultáneamente de extremo a extremo o a nivel de segmento en cierto número de VPC/VCC activas. La comprobación de continuidad puede activarse, desde el plano de gestión, durante el establecimiento de la conexión o en cualquier momento después de haberse establecido la conexión.
- Las células de comprobación de continuidad se pueden enviar cuando no se ha enviado ninguna célula de usuario durante un periodo nominal de un segundo, o pueden enviarse repetidamente con una periodicidad nominal de una célula por segundo independientemente del flujo de células de usuario.
- Cuando el punto sumidero de VPC/VCC con la comprobación de continuidad activada no reciba ninguna célula de usuario ni célula de comprobación de continuidad en un plazo de 3,5 segundos, con un margen de $\pm 0,5$ segundos, declarará el estado VP-AIS/VC-AIS debido a un defecto de pérdida de continuidad (LOC, *Loss Of Continuity*).

- **Capacidad de bucle VP/VC.**

- La capacidad de bucle de capa ATM permite conocer manualmente el estado de indisponibilidad de una conexión segmento en servicio, insertando células OAM de bucle en un lugar de la VPC/VCC haciendo que den la vuelta en el punto indicado (en su “payload”) y recuperando la célula antes de cinco segundos transcurridos los cuales si nos se recupera se da el bucle como fracasado.

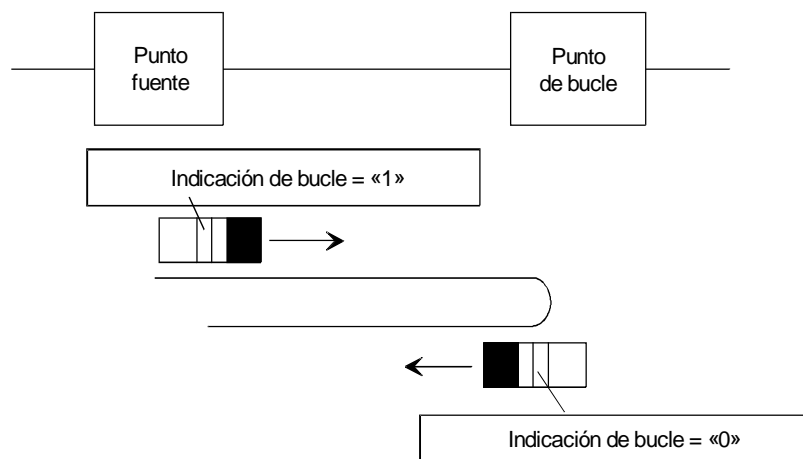


Figura 6.7. Función de indicación de bucle.

6.3.3.2. Funciones de supervisión de la calidad de funcionamiento VP/VC.

La supervisión de la calidad de funcionamiento de una VPC/VCC o de un segmento VPC/VCC se lleva a cabo insertando células de supervisión en los extremos de la VPC/VCC o del segmento VPC/VCC, respectivamente. La supervisión de la calidad de funcionamiento se realizará supervisando bloques de células de usuario. Después de cada N células de usuario se insertará una célula de supervisión de calidad de funcionamiento. El tamaño N del bloque puede adoptar los valores 128, 256, 512 ó 1024.

Las células de supervisión detectarán:

- Los bloques con errores.
- La pérdida/inserción errónea de células dentro de un bloque.
- Otras funciones quedan en estudio (por ejemplo, retardo de la transferencia de células).

6.3.3.3. Funciones de activación/desactivación.

La supervisión de calidad de funcionamiento y la comprobación de continuidad, tanto a nivel de VP como a nivel de VC, pueden activarse durante el establecimiento de una conexión o segmento o en cualquier momento después de haberse establecido la conexión o el segmento. Dicha activación (y la desactivación correspondiente) es iniciada por la Red de Gestión o por el usuario extremo, para ello se establece un procedimiento de inicialización que cumple los fines siguientes:

- Coordinar el comienzo o el final de la transmisión y la recepción en sentido descendente de las células OAM utilizadas para supervisar la calidad de funcionamiento o la continuidad de la comprobación.
- Establecer un acuerdo sobre el tamaño de los bloques y el sentido de transmisión para empezar o detener la supervisión en caso de supervisión de calidad de funcionamiento.

6.3.3.4. Funciones de gestión del sistema.

El tipo de célula OAM de gestión del sistema VP/VC se define para que lo utilicen los sistemas para controlar y mantener diversas funciones en la capa VP/VC, siendo opcional. Las células OAM de gestión del sistema VP/VC son del tipo extremo a extremo. Estas células OAM se insertan/extraen y procesan solamente dentro del equipo del usuario extremo (es decir, en las instalaciones del cliente) que termina la VPC/VCC correspondiente; se transmite transparentemente por la VPC/VCC.

6.4. Formato de las células OAM de la capa ATM.

Las células OAM de la capa ATM poseen un formato que se muestra en la figura 6.7, con campos comunes a todos los tipos de células OAM, cuya codificación se muestra en la tabla 6.4, así como campos específicos para cada tipo de célula OAM.

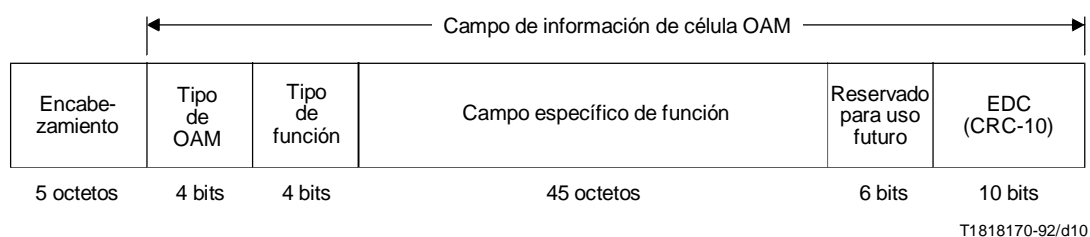


Figura 6.7. Formato común de célula OAM.

Tipo de OAM	Codificación	Tipo de función	Codificación
Gestión de averías	0001	AIS	0000
	0001	RDI	0001
	0001	Comprobación de continuidad	0100
	0001	Bucle	1000
Gestión de la calidad de funcionamiento	0010	Supervisión hacia adelante	0000
	0010	Información hacia atrás	0001
Activación/desactivación	1000	Supervisión de la calidad de funcionamiento	0000
	1000	Comprobación de continuidad	0001
Gestión del sistema	1111	No normalizado	No normaliz.

Tabla 6.4. Identificadores de tipo de OAM y de tipo de función.

6.4.1. Campos comunes a las células OAM.

Todas las células OAM de la capa ATM poseerán los siguientes campos comunes (véase la Figura 6.7.):

- **Encabezamiento** – En la codificación del encabezamiento de las células se reconocen las de OAM de la siguiente forma:
 - Flujo F4, se utilizan dos VCI preasignados para distinguir las células OAM correspondientes a VPC y a segmentos VPC. Estos dos valores quedan definidos en la Recomendación I.361.

- Flujo F5, se utilizan dos valores PTI para distinguir las células OAM correspondientes a VCC y a segmentos VCC. Estos dos valores se definen en la Tabla 4.5.
- **Tipo de célula OAM (4 bits)** – Este campo indica el tipo de función de gestión desempeñada por la célula, por ejemplo, gestión de averías, gestión de calidad de funcionamiento, y activación/desactivación.
- **Tipo de función OAM (4 bits)** – Este campo indica la función realmente desempeñada por la célula dentro del marco del tipo de gestión indicado por el campo de tipo de célula OAM.
- **Campo reservado para utilización futura (6 bits)** – Los valores por defecto se codifican todos ceros. Una posible utilización de estos valores sería la indicación de la versión de protocolo OAM.
- **Código de detección de errores (EDC, Error Detection Code) (10 bits)** – Este campo transporta un código de detección de errores CRC-10 calculado a lo largo del campo de información de la célula OAM, excluido el campo EDC.

Resumen

Las funciones principales que se deben tener en cuenta a la hora de operar y mantener una red de telecomunicaciones son:

- *Vigilancia de las prestaciones de Red*
- *Detección de defectos y fallos.*
- *Protección del sistema.*
- *Información de defectos.*
- *Localización de fallos.*

Para realizar estas funciones la red ATM se estructura en cinco niveles jerárquicos:

- *Capa física:*
 - F1: Nivel de sección de regeneración*
 - F2: Nivel de sección digital*
 - F3: Nivel de trayecto de transmisión*
- *Capa ATM:*
 - F4: Nivel de trayecto virtual*
 - F5: Nivel de canal virtual.*

Para las funciones de OAM en capa ATM se utilizan células especiales de OAM.

Las principales señales de mantenimiento son las siguientes:

<i>LOS</i>	<i>Pérdida de señal</i>
<i>OOF</i>	<i>Fuera de trama</i>
<i>LOF</i>	<i>Pérdida de trama</i>
<i>LOP</i>	<i>Pérdida de puntero</i>
<i>LOC</i>	<i>Pérdida de delimitación de célula</i>
<i>MS-AIS</i>	<i>Señal de indicación de alarma de sección múltiplex</i>
<i>P-AIS</i>	<i>Señal de indicación de alarma de trayecto</i>
<i>MS-RDI</i>	<i>Indicación de defecto distante de sección de multiplexación</i>
<i>P-RDI</i>	<i>Indicación de defecto distante de trayecto</i>
<i>REI</i>	<i>Indicación de defecto distante</i>

En la capa física se pueden diferenciar dos tipos de funciones OAM:

- *Funciones especializadas en detección e indicación de estado de indisponibilidad.*
- *Funciones especializadas en la supervisión de la calidad de transmisión.*

En la capa ATM se pueden diferenciar los siguientes tipos de funciones

Funciones de gestión de averías de VP/VC.

Funciones de supervisión de la calidad de funcionamiento

Funciones de activación/desactivación

Funciones de gestión del sistema.

6.5. EJERCICIOS DE COMPROBACIÓN.

1.- Los mecanismos, funciones y protocolos de OAM se aplican a las conexiones de:

- a) Trayecto virtual
- b) Canal virtual
- c) Carácter semipermanente
- d) Todo tipo

2.- El nivel de sección digital corresponde al flujo de OAM denominado:

- a) F4
- b) F3
- c) F2
- d) F1

3.- El flujo F4 extremo a extremo, es bidireccional y se caracteriza por:

- a) Utilizar el mismo VC que las células de usuario correspondiente
- b) Utilizar un VC específico
- c) Utilizar un PT específico
- d) Utilizar un VP específico

4.- El flujo F5 extremo a extremo, es bidireccional y se caracteriza por:

- a) Utilizar el mismo PT que las células de usuario correspondiente
- b) Utilizar un VC específico
- c) Utilizar un PT específico
- d) Utilizar un VP específico

5.- La señal de mantenimiento Pérdida de Trama (LOF), se detecta cuando:

- a) Se reciben N (4 ó 5) esquemas de alineación de trama consecutivos con errores
- b) Se recibe un esquema de todo ceros
- c) Se reciben N células consecutivas con HEC erróneo
- d) Persiste el estado OOF durante X milisegundos (0 a 3)

6.- La señal de mantenimiento Pérdida de Delimitación de Célula (LOC), se detecta cuando:

- a) Se reciben N (4 ó 5) esquemas de alineación de trama consecutivos con errores
- b) Se recibe un esquema de todo ceros
- c) Se reciben N células consecutivas con HEC erróneo
- d) Persiste el estado OOF durante X milisegundos (0 a 3)

7.- La señal de mantenimiento de indicación de error distante (REI) es una señal:

- a) Hacia delante
- b) Hacia atrás
- c) Depende del fallo que provoca la señal
- d) Se transmite hacia delante y hacia atrás

8.- La señal de mantenimiento de indicación de alarma (AIS) es una señal:

- a) Hacia delante
- b) Hacia atrás
- c) Depende del fallo que provoca la señal
- d) Se transmite hacia delante y hacia atrás

9.- El estado VP-AIS se libera cuando:

- a) Se recibe 1 célula de usuario
- b) Se recibe una célula de comprobación de continuidad
- c) No se activa la comprobación de continuidad y no se reciben células VP-AIS durante 2.5 segundos
- d) Cualquiera de las anteriores

10.- Las células OAM de activación/desactivación se usan:

- a) Sólo en funciones de gestión de averías
- b) Sólo en funciones de gestión de la calidad de funcionamiento
- c) Sólo en funciones de gestión del sistema
- d) Ninguna de las anteriores

SOLUCIONARIO

1d, 2c, 3b, 4c, 5d, 6c, 7b, 8a, 9d, 10d

TEMA 7

GESTIÓN DE TRÁFICO

INTRODUCCIÓN

Una de las principales características de ATM, tal vez la crucial para su éxito como tecnología de red, es la integración de una variedad de servicios como comunicaciones de voz, vídeo, imágenes y datos en un mismo soporte de transferencia de información. Para llevar a cabo esta unificación de distintos tipos de tráfico, se deben resolver los problemas asociados a la gestión de tráfico de distinta naturaleza para compartir los recursos comunes que la red pone a su disposición, utilizando el concepto de ganancia estadística.

El objetivo de este tema es ofrecer una panorámica del modelado de tráfico generado por los usuarios y de las propias características de servicio que proporciona la red, así como la interacción entre ambos y los procedimientos que se prevén para garantizar que el proceso de compartición de recursos se desarrolle adecuadamente.

ESQUEMA DE CONTENIDO

7.1.- CALIDAD DE SERVICIO

7.1.1.- Conceptos y definiciones

7.1.2.- Calidad de transferencia de información

7.1.3.- Calidad de procesamiento de la conexión

7.1.4.- Calidad de comunicaciones no orientadas a conexión

7.1.5.- Calidad de capa física

7.2.- CARACTERIZACIÓN DE TRÁFICO: EL CONTRATO DE TRÁFICO

7.2.1.- Definiciones

7.2.2.- Especificaciones de parámetros de tráfico

7.2.3.- Capacidades de transferencia ATM

7.3.- CONTROL DE TRÁFICO Y CONTROL DE CONGESTIÓN

7.3.1.- Funciones de control de tráfico

7.3.2.- Funciones de control de congestión

7.4.- GCRA para PCR.

7.4.1.- Virtual Scheduling Algorithm

7.4.2.- Continuous State Leaky Bucket Algorithm

7.5. EJERCICIOS DE COMPROBACIÓN

7.1. CALIDAD DE SERVICIO.

7.1.1. Conceptos y definiciones.

De la misma forma que ocurre en las redes de comunicación actuales, el desarrollo de la tecnología subyacente que permite la transferencia de información sólo se realiza con éxito si se proporcionan los medios para garantizar a sus usuarios la satisfacción de sus necesidades de comunicación, es decir, garantizando una determinada calidad de servicio (**QoS**, *Quality of Service*).

La ITU, antes CCITT, ha definido los siguientes conceptos en relación con la capacidad de la red de cumplir las expectativas de los usuarios, cabiendo notar que se incluyen a continuación dado que las ligeras diferencias entre ellos pueden conducir a interpretaciones erróneas de la literatura asociada:

- **Calidad de Servicio (QoS, Quality of Service)** - Rec. G.106 : Efecto agregado de prestación del servicio que determina el grado de satisfacción de un usuario del servicio.
- **Calidad de Funcionamiento de la Red (NP, Network Performance)** - Rec. E.800: Capacidad de la red o de una parte de ella para proporcionar las funciones relacionadas con la comunicación entre usuarios.
- **Grado de Servicio (GoS, Grade of Service)** - Rec E.600 : Conjunto de variables de ingeniería de tráfico usadas para proporcionar una medida de la adecuación de los recursos de red bajo condiciones específicas.

De estas definiciones y las Recomendaciones citadas se desprende que:

- La rapidez y fiabilidad de la red, de la forma que se percibe por los usuarios al hacer uso de los teleservicios para satisfacer sus necesidades de comunicación, dan lugar al concepto de QoS, siendo por tanto ésta una compleja medida de su satisfacción.
- Las variables con las que caracterizar la QoS son de los tipos usados para caracterizar asimismo la NP, estando relacionadas estrechamente salvo por lo que respecta a que se realiza su medida en puntos distintos (puntos de acceso al servicio y límites de la red en cuestión, respectivamente).
- Las variables de GoS pueden ser idénticas a las de QoS y NP, incluyendo además otras que se caractericen por otros parámetros, como por ejemplo la probabilidad de pérdida. No existe en general una correspondencia entre NP y GoS.

Teniendo en cuenta estas definiciones y la estrecha relación entre las variables que se pueden utilizar para la cuantificación de la QoS y la NP, el siguiente paso ha de ser la determinación de cuáles son esas variables. Se pueden distinguir dos tipos básicos:

- **Primarias:** directamente medibles, caracterizan el procesamiento de la conexión y la transferencia de información.
- **Derivadas:** obtenidas estadísticamente, caracterizan la accesibilidad y la capacidad de operación de la red a medio o largo plazo.

Con todo ello, en los siguientes apartados se analizan las variables de QoS relacionadas definidas para la caracterización del servicio ofrecido al usuario y la calidad que éste puede esperar del mismo.

7.1.2. Calidad de transferencia de información.

La calidad de funcionamiento de transferencia de información en una red ATM se encuentra estratificada en las distintas capas que conforman el modelo: física, ATM y AAL. En la Recomendación I.356 se definen únicamente los parámetros de calidad de transferencia de células en la capa ATM, aplicables a conexiones ATM extremo a extremo y a porciones especificadas de tales conexiones, que se miden observando el paso de células ATM que atraviesan determinados puntos de medida.

Nótese que, si bien existe una relación entre la calidad ofrecida por la capa ATM y las capas física y AAL, la mencionada Recomendación (y por extensión, el presente apartado) hace referencia exclusivamente a parámetros de calidad de capa ATM, mencionándose que se pretende que se elaboren relaciones cualitativas entre ésta y las otras capas, tema que queda en estudio en el organismo normalizador para capas superiores.

7.1.2.1. Parámetros de calidad de funcionamiento ATM.

Para proceder a la especificación de los parámetros que regulan la calidad de funcionamiento ATM, se han de definir los posibles resultados de transferencia de células entre dos puntos de capa ATM dados:

- **resultado de célula transferida con éxito:** cuando el contenido binario del campo de información de la célula recibida corresponde exactamente al de la

transmitida, la célula recibida tiene encabezamiento válido y se ha recibido dentro de un intervalo máximo de tiempo especificado (que no está normalizado).

- **resultado de célula transferida con error:** cuando, aun estando dentro del intervalo máximo de tiempo especificado, el contenido binario del campo de información de la célula recibida no se corresponde exactamente con el de la transmitida o el campo de encabezamiento no es válido después de terminar los procedimientos de HEC.
- **resultado de célula perdida:** si no se recibe célula dentro del intervalo de tiempo máximo especificado.
- **resultado de célula incorrectamente insertada:** célula recibida para la que no existe célula transmitida correspondiente.
- **resultado de bloque de células con muchos errores:** definiendo un bloque de células como una secuencia de N células transmitidas consecutivamente por una conexión dada, se produce este resultado cuando se observan más de M células con errores, perdidas o incorrectamente insertadas en el bloque. Normalmente, N se corresponde con el número de células de información de usuario transmitidas entre células de OAM.

Definido el ámbito en el que se realizan las medidas de calidad y los resultados de transferencia asociados, se exponen a continuación los parámetros concretos que se han definido a tal efecto.

Parámetros de precisión y fiabilidad:

- **Tasa de errores de células (CER, Cell Error Ratio):** relación entre el total de células con errores y el total de células transferidas con éxito más las células con errores. Deben excluirse las células transferidas con éxito y las erróneas contenidas en bloques contados como bloques de células con muchos errores (SECBR).
 - La principal contribución al CER se produce en transmisión.
- **Tasa de pérdida de células (CLR, Cell Loss Ratio):** relación entre el total de células perdidas y el total de células transmitidas. Deben excluirse las células perdidas y las transmitidas contenidas en bloques contados como bloques de células con muchos errores (SECBR).
 - La principal contribución al CLR se produce en transmisión.
- **Velocidad de inserción incorrecta de células (CMR, Cell Misinsertion Rate):** número total de células incorrectamente insertadas y observadas en un intervalo de tiempo especificado, dividido por la duración del intervalo de tiempo (i.e., el número de células incorrectamente insertadas por segundo de conexión. Deben excluirse las células incorrectamente insertadas y los intervalos de tiempo

asociados con bloques contados como bloques de células con muchos errores (SECBR).

- Por definición, célula incorrectamente insertada es toda célula recibida que no tiene célula transmitida correspondiente.
 - La inserción incorrecta de células es causada principalmente bien por cabeceras de células mal corregidas o bien por funcionamiento erróneo de los nodos.
 - Dado que el mecanismo mencionado de producción de CM es independiente del número de células transmitidas, este parámetro no puede expresarse como una tasa sino como una velocidad.
- **Tasa de bloques de células con muchos errores (SECBR, *Severely Errored Cell Block Ratio*):** relación entre el total de bloques de células con muchos errores y el total de bloques de células.
 - SECB ocurre cuando se dan más de M células erróneas, perdidas o mal insertadas en un bloque de N células recibidas (considerando por ejemplo $1024 \geq N \geq 128$ y $M = 0.1 \cdot N$).

Parámetros relacionados con el retardo:

- **Retardo de transferencia de células (CTD, *Cell Transfer Delay*):** tiempo que media entre la aparición de dos eventos de transferencia de células con éxito correspondientes.
 - El CTD es originado por: componentes de transmisión, de conmutación y de/multiplexado en nodos, unidades de interfuncionamiento y equipo de la instalación de usuario.
- **Retardo medio de transferencia de células:** media aritmética de un número especificado de CTD.
- **Variación del retardo de células - unipunto (1-point CDV, *1-point Cell Delay Variation*):** se define a partir de la observación de una secuencia de llegadas de células consecutivas a un único punto de medida, describiendo la variabilidad del patrón de llegadas de células a un punto de medida con referencia a la velocidad de células de pico $1/T$.
 - Se computa como la diferencia entre el momento teórico y el real de llegada de una célula al punto de medida.
 - No representa una indicación directa del comportamiento de la red, sino más bien del comportamiento de la fuente de tráfico.
 - Cuantifica la parte variable de la CTD experimentada por una célula de una fuente CBR, observada en un único punto de medida.

- **Variación del retardo de células - bipunto (2-point CDV, 2-point Cell Delay Variation):** se define a partir de observaciones de las correspondientes llegadas de células a dos puntos de medida, describiendo la variabilidad del patrón de llegadas de células a la salida de un punto de medida con referencia al patrón de los eventos correspondientes a la entrada del otro punto de medida.
 - Se computa como la diferencia de retardo experimentado por una célula y el experimentado por una célula de referencia entre los puntos de medida.
 - Relacionada directamente con el comportamiento de la red, dado que incluye la variabilidad asociada al trayecto de que se trate.

Nótese que algunos de estos parámetros de calidad de funcionamiento dependen solamente de características de capa física y de implementación de los nodos (CER, SECBR); otros dependen de la asignación de recursos y de la capa física adoptada para soportar la conexión (CLR); y otros dependen de la asignación de recursos y la topología de la conexión (CTD, CDV). Asimismo, una vez que la red ha sido diseñada, los únicos parámetros que pueden ser controlados son los relacionados con la asignación de recursos, i.e. CLR, CTD y CDV.

7.1.2.2. Clases de calidad de servicio.

De la definición de calidad de servicio y los comentarios relacionados del apartado 7.1.1 se desprende que, para permitir la utilización eficaz de los recursos de red disponibles y adecuar las necesidades de los usuarios/aplicaciones a los recursos reales de que se dispone, es necesaria la definición de un conjunto predeterminado de clases de QoS (en vez de permitir al usuario la definición de los valores objetivo de los parámetros que controlan la calidad de funcionamiento, situación que podría llevar fácilmente a un estado de incapacidad de gestión por parte de la red de tal cantidad de información).

Así, se puede definir una **clase de QoS** como *el conjunto predeterminado de valores asignados a unos parámetros de calidad de funcionamiento, en concreto a los que se especificó anteriormente como modificables una vez diseñada la red: CLR (requerimientos de pérdidas), CTD y CDV (requerimientos de retardo)*. Las clases de QoS de este modo definidas caracterizan cuantitativamente la calidad de servicio de la conexión ATM extremo a extremo, por medio de la asignación automática de distintos valores a los parámetros de calidad de funcionamiento en base a la clase elegida.

La red debe ser capaz de proveer los medios que aseguren unos valores reales de estos parámetros iguales o mejores que los requeridos implícitamente por la clase de QoS

solicitada por el usuario, que de este modo solamente tendría que elegir la más apropiada entre un número dado de clases de QoS .

El Grupo de Estudio 13 del ITU-T ha identificado cuatro clases de QoS, si bien puede pensarse en una quinta adicional relacionada con la existencia de enlaces vía satélite en el trayecto de la conexión, como se especifica a continuación:

- **QoS Clase 1, Restrictiva:** obligatoriamente implementada en toda red y clase de QoS por defecto, es la más restrictiva en cuanto a requerimientos: *baja CLR y moderada CTD y CDV*. Adecuada para ser demandada por servicios finales en tiempo real, tanto CBR como VBR.
- **QoS Clase 2, Tolerante:** se caracteriza por ser menos restrictiva que la anterior en lo que se refiere a requerimientos de retardo, es decir: se permite *alta CTD y CDV*. Adecuada para servicios de AAL de clase C o D generando tráfico VBR. El grado de multiplexación estadística que se consigue en la red es mayor dado que permite disponer de buffers mayores y soportar y absorber ráfagas de células.
- **QoS Clase 3, Bi-nivel:** se caracteriza por ser menos restrictiva que la clase 1 de QoS en cuanto respecta a requerimientos de pérdidas: se permite *alta CLR*. Adecuada para aplicaciones de datos que utilicen protocolos de retransmisión o voz y vídeo de baja calidad. Como alternativa puede implementarse por medio de la utilización del bit CLP para la identificación de dos niveles de CLR en las clases de QoS 1 ó 2, quedando por definir sus valores concretos.
- **QoS Clase 4, No acotada / No garantizada: sin requerimientos** de CTD y CDV, o son poco concretos, no garantizándose por tanto valores para esos parámetros. Adecuada para servicios de tipo *best-effort* como UBR, ABR y VBR+. (por ejemplo para transmisión de tráfico IP), la garantía en cuanto a CLR dependería del tipo de servicio especificado, quedando su definición para ulterior estudio.
- **QoS Clase 5:** caracterizada por una *baja CDV y alta CTD*, resulta adecuada para trayectos en los que se encuentren enlaces vía satélite.

En la Tabla 7.1 se dan algunos valores recomendados para la QoS de clases 1 a 4, debiendo notarse que los valores son referidos a una conexión punto a punto y no a un equipo determinado.

	QoS			
	Clase 1	Clase 2	Clase 3	Clase 4

Parámetro	Restrictiva	Tolerante	Binivel	No Acotada
CTD	400 mseg	No Acotado	por def./N.A.	No Acotado
CDV	3 mseg	No Acotado	por def./N.A.	No Acotado
CLR (0+1)	$3 \cdot 10^{-7}$	10^{-5} /por definir	por def./N.A.	No Acotado
CLR (0)	-	-	10^{-5} /por definir	No Acotado

Tabla 7.1. Valores recomendados de QoS.

Por último, cabe destacar que el ATM Forum ha definido, en su versión UNI 3.0, 5 clases de servicio en relación directa a los servicios a soportar:

- QoS clase 1 para servicios clase A (CBR y emulación de circuitos)
- QoS clase 2 para servicios clase B (VBR audio y vídeo)
- QoS clase 3 para servicios clase C (transferencia de datos orientada a conexión)
- QoS clase 4 para servicios clase D (transferencia de datos no orientada a conexión)
- QoS sin especificar

7.1.3. Calidad de procesamiento de la conexión.

En una red ATM el manejo de una llamada se descompone en el correspondiente al conjunto de conexiones que ésta involucre, por lo que la calidad de procesamiento de la llamada (*call processing performance*) se obtiene como resultado de la calidad de cada una de las conexiones (*connection processing performance*). Debe destacarse que este tema es aplicable solamente al caso de redes ATM que incorporen señalización (por tanto, conmutación de VC utilizando para ello funciones del plano de control) y no al de crossconexión de VP (funciones del plano de gestión).

En general, la calidad de procesamiento de la conexión depende de la calidad obtenida en los sistemas de control de los nodos de conmutación ATM y en la propia red así como protocolos de señalización para manejo y transferencia de mensajes de señalización.

La versión actual de las Recomendaciones de la ITU relativas a la calidad de procesamiento de la conexión son solamente aplicables a la RDSI de banda estrecha, por lo que, si bien parece lógico suponer que la calidad obtenida en las redes ATM será al menos similar, no existe normalización al respecto (véase el tema dedicado a señalización).

Los parámetros de la calidad del procesamiento de la conexión conciernen al establecimiento, liberación y cambio de parámetros de la conexión , concretamente:

- Probabilidad de rechazo de la conexión (*connection rejection probability*) : tasa de intentos fallidos de establecimiento de conexiones de VC con respecto al número total de intentos de establecimiento en un periodo de tiempo especificado.
- Retardo de establecimiento de la conexión (*connection set-up delay*) : diferencia de tiempo entre la aparición del mensaje SETUP/IAM y la llegada del correspondiente mensaje CONNECT/ANSWER en el mismo punto de medida.
- Retardo de liberación de la conexión (*connection release delay*) : diferencia de tiempo entre la aparición del mensaje RELEASE y la llegada del correspondiente mensaje RELEASE COMPLETE en el mismo punto de medida.
- Probabilidad de rechazo de cambio de parámetros de la conexión, con llamada en curso (*in-call connection parameter change rejection probability*) : tasa de intentos fallidos de cambio de parámetros (mensaje MODIFY CONNECTION sin correspondiente MODIFY CONNECTION ACK) con respecto al número total de intentos de cambio en un periodo de tiempo especificado.
- Retardo de cambio de parámetros de la conexión, con llamada en curso (*in-call connection parameter change delay*) : diferencia de tiempo entre la aparición del mensaje MODIFY CONNECTION y la llegada del correspondiente mensaje MODIFY CONNECTION ACK en el mismo punto de medida.

7.1.4. Calidad de comunicaciones no orientadas a conexión.

El análisis realizado hasta este punto ha tratado de requerimientos de capa ATM inherentemente orientados a conexión (**CO**, *Connection Oriented*). En el caso de que la red ATM soporte un servicio no orientado a conexión (**CL**, *ConnectionLess*) mediante la introducción de funciones de servidor CL (**CLSF**, *ConnectionLess Server Functions*), la definición de calidad de funcionamiento global se hace considerablemente más compleja.

Dado que el flujo de tráfico CL atraviesa los nodos ATM, la calidad de funcionamiento (de capa) ATM tiene un impacto decisivo en las prestaciones globales que se obtienen, teniendo además que ser considerado el efecto del tratamiento del flujo en los servidores CL (**CLS**, *ConnectionLess Server*) y su propio diseño y arquitectura: dado que el tráfico CL se encapsula utilizando los protocolos CLNAP y AAL3/4, se deben evaluar las prestaciones obtenidas relativas a esas capas, bien en los CLS o en los extremos de red.

Aunque la pérdida y el retardo de los paquetes dependen de la pérdida y retardo de células asociadas, no hay una relación exacta entre ellos. Para el caso de las pérdidas, 10

células perdidas pueden conllevar la correspondiente de 1 a 10 paquetes, dependiendo de la distribución de los paquetes. Los retardos de paquete dependen a su vez del intervalo de transmisión de su primera y última célula, el retardo de la última célula, de la longitud del paquete en sí, de la estrategia de multiplexación, etc.

La cuantificación de las prestaciones de los CLS se hará en base a los parámetros:

- Número de paquetes procesados por unidad de tiempo
- Volumen de información de usuario procesada por unidad de tiempo
- Número de paquetes procesados simultáneamente
- Retardo medio de paquete

Los siguientes parámetros se definen para la evaluación de la calidad global:

- Probabilidad de pérdida de paquete
- Distribución de retardo de paquete

(La Recomendación I.364 especifica los requerimientos para estos parámetros extremo a extremo).

7.1.5. Calidad de capa física.

En este subapartado se incluye una introducción a las definiciones de calidad aplicables a enlaces digitales de capa física, calidad de servicio de la red de transporte, tanto para trayectos PDH o SDH como ATM puros.

La Recomendación **G.821** sirvió durante mucho tiempo como base para la implantación de enlaces digitales, tomando como modelo una conexión internacional de 27.500 km. a 64 kbit/s con 10 etapas de conmutación intermedias. Algunos de los problemas que este modelo presentó para la realización práctica de medidas de calidad de servicio (es decir, la realización de recomendaciones de la denominada serie M.2100) fueron:

- definición de velocidad de referencia de 64 kbit/s, mientras que la mayoría de sistemas de transmisión operan a velocidades sensiblemente mayores
- modelo muy complicado para la implantación de medidas reales, con definición de calidad a largo plazo que implica tiempos de medida impracticables
- conceptos confusos (como minutos degradados) y objetivos de calidad difusos

Para superar estos inconvenientes se definió posteriormente la Recomendación **G.826** que, con un escenario de referencia similar, define claramente los objetivos de calidad para enlaces a velocidad de línea primaria (de 2 ó 1.5 Mbit/s) o superior en cada sentido de transmisión, con distribución lineal de los objetivos globales. Cabe destacar que los parámetros y objetivos en ella son independientes de la estructura de multiplexación de la señal y que no están contemplados los equipos propios de capa ATM (objeto de otras recomendaciones como I.353 e I.356).

Para la definición de parámetros y mediciones a realizar, se introduce el **concepto de bloque: conjunto de bits consecutivos asociados con el trayecto** (cada bit pertenece a un único bloque). Asociado con él se definen mecanismos de detección de errores inherentes a la trama de señal monitorizada, como por ejemplo CRC-n (*Cyclic Redundant Code*) o BIP-n (*Bit Interleaved Parity*). Teniendo por tanto la señal de línea dividida en bloques, se definen el número de bits de cada bloque dentro de una cierta gama dependiente de la velocidad de línea.

Con un tiempo básico de observación de 1 segundo, se definen los **eventos** siguientes:

- Bloque con errores (**EB**, *Errored Block*): bloque que contiene uno o más bits erróneos.
- Segundo con errores (**ES**, *Errored Second*): periodo de un segundo que contiene uno o más bloques con errores. Su tasa asociada es la **ESR** (*ES Rate*), relación entre ES y el total de segundos en el tiempo disponible durante un intervalo de medición fijo.
- Segundo con muchos errores (**SES**, *Severely Errored Second*): periodo de un segundo que contiene más de un 30% de bloques con error o al menos un periodo muy perturbado. Su tasa asociada es la **SESR** (*SES Rate*), relación entre SES y el total de segundos en el tiempo disponible durante un intervalo de medición fijo.
- Error de bloque de fondo (**BBE**, *Background Block Error*): bloque con error no producido como parte de un SES. Su tasa asociada es la **BBER** (*BBE Rate*), relación entre EB y el total de bloques durante un intervalo de medición fijo excluyendo todos los bloques durante los SES y el tiempo de indisponibilidad.
- Segundos indisponibles (**US**, *Unavailable Seconds*): periodo de tiempo que comienza con el primero de una secuencia de 10 SES, terminando con el primero de una secuencia de 10 segundos que no contenga ningún SES.

En la Recomendación aludida se pueden encontrar los valores recomendados para cada uno de estos parámetros, en función de la velocidad de línea, así como los métodos de

cálculo empleados por los sistemas de CRC y BIP y la definición exacta de los eventos de error que se pueden producir.

La calidad de servicio representa el grado de satisfacción que ofrece el servicio a sus usuarios.

La QoS de transferencia de información en capa ATM viene dada por los 6 parámetros: CER, CLR, CMR, SECBR, CTD y CDV. El conjunto de valores predeterminados de estos parámetros (en concreto CLR, CTD y CDV) da lugar a las 5 clases de QoS: restrictiva, tolerante, binivel, no acotada y vía satélite.

La calidad de procesamiento de la conexión para redes ATM está por definir, si bien heredará las características definidas para la RDSI-BE.

La calidad de servicios no orientados a conexión viene dada por la que se obtenga de capa ATM y el equipamiento requerido para prestarlos.

La calidad asociada a la capa física se define en la Rec. G.826, incluyendo los parámetros EB, ES, SES, BBE y US.

7.2. CARACTERIZACIÓN DE TRÁFICO: EL CONTRATO DE TRÁFICO.

Como se mencionó en la introducción de este tema, la multiplexación estadística de distintos tipos de tráfico en una misma red constituye una de las principales características de la tecnología ATM. Para hacer posible esta mezcla de características y requerimientos diversos, cuando no contrapuestos, resulta necesario modelar las características de tráfico que presentan las fuentes.

En las redes tradicionales este modelado se realizaba a priori en la fase de diseño de la arquitectura de red y los protocolos utilizados con el objeto de optimizar el rendimiento para unos tipos de tráfico específicos (redes de conmutación de circuitos para tráfico de voz, redes de conmutación de paquetes para tráfico de datos, etc.).

Con la integración inherente a ATM, se hace necesario disponer de modelos que permitan aprehender con unos pocos parámetros las características relevantes del tráfico que se va a ofrecer a la red, de forma que se puede realizar adecuadamente la multiplexación estadística y obtener así una ganancia por la mejor compartición de recursos.

Así, cada vez que se establezca una nueva conexión, la red necesita conocer alguna información acerca de la misma para poder realizar las funciones de asignación de recursos y control de tráfico necesarias para garantizar los requerimientos de calidad del usuario y optimizar la utilización de los recursos. Por otro lado, el usuario necesita saber cómo se espera que se comporte la conexión dadas sus características, qué requerimientos se le garantizan y en qué condiciones se mantendrán.

De este modo, **en la fase de establecimiento de la conexión** (de cualquier tipo: permanente, reservada o conmutada) **la red y el usuario han de establecer un acuerdo denominado Contrato de Tráfico**, relativo a:

- Descriptor de tráfico de la conexión
- CDV permitida en el UNI/NNI
- Definición de cumplimiento de características de la conexión
- Selección y caracterización de la clase de QoS requerida

En este apartado, tras la definición de los elementos que constituyen el contrato de tráfico entre el usuario y la red, se especifican los parámetros que constituyen la definición de las características de la fuente de tráfico y, por último, las distintas capacidades de transferencia ATM resultantes que se ofrecen al usuario. Los requerimientos relacionados con la QoS se encuentran descritas en el apartado 7.1.

7.2.1. Definiciones.

- **Parámetro de Tráfico (TP, Traffic Parameter)** : especificación de un aspecto de tráfico particular, expresado cualitativa o cuantitativamente.
 - Ejemplos: velocidad de células de pico, tolerancia a variación de retardo de células, ...
 - Se pueden derivar directamente del tipo de servicio y el servicio puede definir implícitamente un conjunto completo de parámetros de tráfico.
 - Algunos de los parámetros pueden ser interdependientes (por ejemplo, las características de ráfaga con respecto a la velocidad de pico de células y su media).

- Requerimientos: no ser ambiguos, ser entendibles por el usuario o su terminal, ser utilizados en mecanismos de asignación de recursos, hacer posible que los mecanismos de UPC/NPC (definidos posteriormente en 7.3) obliguen al usuario a su cumplimiento.
- **Descriptor de Tráfico ATM (ATD, *ATM Traffic Descriptor*)** : lista genérica de parámetros de tráfico que puede ser utilizada para modelar las características de tráfico de una conexión ATM.
- **Descriptor de Tráfico de Fuente (STD, *Source Traffic Descriptor*)** : conjunto de parámetros de tráfico que pertenecen a un descriptor de tráfico ATM, usado durante la fase de establecimiento de la conexión para definir las características de tráfico intrínsecas de la conexión *requerida por la fuente*.
- **Descriptor de Tráfico de la Conexión (CTD, *Connection Traffic Descriptor*)** : conjunto de parámetros de tráfico que pertenecen a un descriptor de tráfico ATM, usado durante la fase de establecimiento de la conexión para definir las características de tráfico intrínsecas de la conexión en un *interfaz estándar dado*.
 - Se compone del descriptor de tráfico de fuente más las tolerancias a CDV asociadas que son aplicables en ese interfaz.
 - Es el utilizado por los mecanismos CAC (véase 7.3) para aceptar o rechazar las peticiones de conexión.

7.2.1.1. CDV y CDVT.

Las características de tráfico especificadas por una fuente, en especial el CDV, se ven modificadas por distintos factores:

- funciones de capa ATM como el multiplexado de varias conexiones, al retrasar las células de una conexión mientras se transmiten células pertenecientes a otra
- el propio funcionamiento del equipo de usuario
- la inserción de overhead de capa física o de procedimientos de gestión (vía células OAM)

Por tanto, un determinado grado de aleatoriedad se introduce en las características de tráfico que se han definido vía los parámetros del contrato (PCR, SCR, etc. definidos en el siguiente apartado). El grado de distorsión del tiempo entre llegadas se denomina tolerancia a la variación del retardo de células (**CDVT, *Cell Delay Variation Tolerance***).

En los apartados que siguen se definirán con precisión las tolerancias que aparecen en función del parámetro de tráfico específico y de la capacidad de transferencia utilizada, así como los criterios empleados para determinar si el grado de aleatoriedad introducido por un flujo de células afecta al contrato establecido.

Debe notarse, por último, que el CDVT no forma parte del descriptor de tráfico de fuente, dado que no es una característica de la propia fuente sino del protocolo y equipamiento ATM; sin embargo, CVDT forma parte del contrato de tráfico.

7.2.2. Especificaciones de parámetros de tráfico.

Hasta el momento se han normalizado por la ITU únicamente dos conjuntos de parámetros de tráfico, adecuados para la definición de las características de tráfico soportadas por las capacidades de transferencia ATM que se verán posteriormente.

Debe considerarse que estos parámetros de tráfico se pueden aplicar a flujos de células claramente diferenciados:

- flujo de datos con CLP=0 (alta prioridad) exclusivamente
- flujo de datos con CLP=0 y CLP=1 (denominado CLP=0+1), i.e. todas la células de datos de usuario
- flujo de OAM extremo a extremo
- flujo de gestión de recursos (RM)

La forma en la que se especifican los parámetros en el contrato (y sus tolerancias) dependerá de la capacidad de transferencia utilizada, pudiendo realizarse de forma agregada o separada.

7.2.2.1. Velocidad de Pico de Células.

La velocidad de pico de células (**PCR**, *Peak Cell Rate*) especifica un límite máximo al tráfico que puede ser ofrecido a una conexión ATM, debiendo tener el mismo valor a lo largo de toda la conexión ATM dada. Es un parámetro que ha de ser siempre definido en cualquier descriptor de tráfico de fuente.

Se define PCR como el inverso de el tiempo mínimo entre llegadas (T_{PCR}) de dos eventos básicos de transmisión vía el SAP de capa física (es decir, de transmisión de una ATM_PDU), estando expresado en células/segundo y codificado como una variable real de punto flotante (9 bits de mantisa y 5 de exponente). T_{PCR} se denomina también intervalo de emisión de pico (**PEI**, *Peak Emission Interval*) de la conexión ATM, y está expresado en segundos con codificación de variable real de punto flotante (10 bits de mantisa y 6 de exponente).

En la Recomendación I.371 se encuentran las fórmulas que describen los valores posibles de PCR y PEI, así como su relación: ambas fórmulas definen un conjunto de 16384 valores posibles, que en concreto para PCR van de 1 célula/s a 4.29077 Gcélulas/s. Este esquema de codificación de valores está diseñado de tal manera que siempre se cumpla que $PCR < 1/PEI$ para dos valores correspondientes de PCR y PEI.

Debe notarse que la Tolerancia a CDV (τ_{PCR}) definida en relación a PCR no representa una característica de la fuente que transmite a velocidad PCR, sino un efecto introducido por los mecanismos del propio protocolo y equipamiento ATM, como se especificó en 7.2.1.1.

El GCRA propio de PCR se encuentra en el apartado 7.4, así como en la Recomendación I.371 Anexo A.

7.2.2.2. Velocidad Sostenida de Células.

La velocidad sostenida, o media, de células (**SCR**, *Sustainable Cell Rate*) se utiliza junto a la tolerancia intrínseca a ráfagas (**IBT**, *Intrinsic Burst Tolerance*; este parámetro se denomina **BT**, *Burst Tolerance*, en el ATM Forum) para describir el comportamiento de fuentes de tráfico VBR y, por tanto, permitir que se lleve a cabo la multiplexación estadística de flujos de tráfico de fuentes distintas.

Con ambos parámetros se denotan respectivamente la velocidad media a la que la fuente transmitirá células y el tamaño máximo de la ráfaga de células que se transmitirá a velocidad de pico.

De la misma forma que con PCR, se define SCR como el inverso de el tiempo medio entre llegadas (T_{SCR}) de dos eventos básicos de transmisión vía el SAP de capa física (es decir, de transmisión de una ATM_PDU), siendo siempre, para una conexión ATM dada, $SCR < PCR$ o equivalentemente $T_{SCR} > T_{PCR}$. Asimismo, las fórmulas de codificación de valores de SCR y T_{SCR} son similares a las de PCR y T_{PCR} .

Por otro lado, IBT está relacionada con el parámetro Tamaño Máximo de Ráfaga (**MBS**, *Maximum Burst Size*), utilizado en el Algoritmo de Velocidad de Células Genérico (**GCRA**, *Generic Cell Rate Algorithm*) definido posteriormente, mediante la fórmula $IBT =$

$(MBS - 1) \cdot (T_{SCR} - T_{PCR})$, donde se comprueba que la diferencia entre ambos reside en que IBT se expresa en unidades de tiempo y MBS en número de células.

Hasta el momento no se ha determinado la codificación de IBT, habiendo sido propuestos dos esquemas: variable entera con unidad igual a 100 us. (compromiso para permitir un rango de valores alto y una resolución adecuada) o utilizar la misma codificación que para CDVT (para tener el menor número de códigos posible y porque IBT juega el mismo papel en el GCRA de SCR que CDVT en el GCRA de PCR, por lo que a veces se designa IBT como τ_{IBT} , salvando las diferencias que se mencionan más abajo).

IBT y los parámetros relacionados constituyen una característica propia del tráfico generado por una fuente. Por el contrario, para la definición del GCRA es necesario introducir de nuevo un parámetro de tolerancia a CDV (τ_{SCR}) relacionado con SCR para tener en cuenta los efectos aleatorios definidos en 7.2.1.1.

El GCRA propio de la definición de conformidad para SBR se puede consultar en la Recomendación I.371 Anexo B.

7.2.3. Capacidades de transferencia ATM.

La combinación de un subconjunto específico de parámetros de tráfico y sus valores correspondientes junto con las funciones apropiadas para llevar a cabo su control dan lugar a la especificación de las denominadas capacidades de transferencia ATM (**ATC**, *ATM Transfer Capabilities*), con el objetivo de ofrecer el soporte de las diferentes aplicaciones de banda ancha que se prevé harán uso de la red ATM.

De las ATC descritas a continuación, solamente el estado de DBR y SBR se encuentra normalizado de una forma estable, estando el resto actualmente en fase de estudio tanto en la ITU como en el ATM Forum.

En la tabla siguiente se resumen tanto las ATC como los parámetros necesarios en cada una de ellas, objeto de descripción de los subapartados a continuación.

DBR	SBR1	SBR2	SBR3	ABT	ABR
------------	-------------	-------------	-------------	------------	------------

PCR (0+1)	X	X	X	X	X	
$\tau_{\text{PCR}} (0+1)$	X	X	X	X	X	
SCR (0)			X	X		
$\tau_{\text{IBT}} (0)$			X	X		
$\tau_{\text{SCR}} (0)$			X	X		
SCR (0+1)		X			X	
$\tau_{\text{IBT}} (0+1)$		X			X	
$\tau_{\text{SCR}} (0+1)$		X			X	
PCR y τ_{PCR} (RM)					X	
MCR (0+1)						X
Tagging				X		
PCR y τ_{PCR} (OAM)					X	

Tabla 7.2. Resumen de ATC y parámetros.

7.2.3.1. Velocidad de Bit Determinista (*DBR, Deterministic Bit Rate*).

La capacidad de transferencia ATM de velocidad de bit determinista (**DBR**, *Deterministic Bit Rate* en la denominación de la ITU; categoría de servicio **CBR**, *Constant Bit Rate* en la del ATM Forum) es usada por conexiones que requieren una cantidad estática de ancho de banda continuamente disponible durante el tiempo de vida de la conexión. Esta cantidad de ancho de banda es caracterizada por medio de un valor dado de PCR.

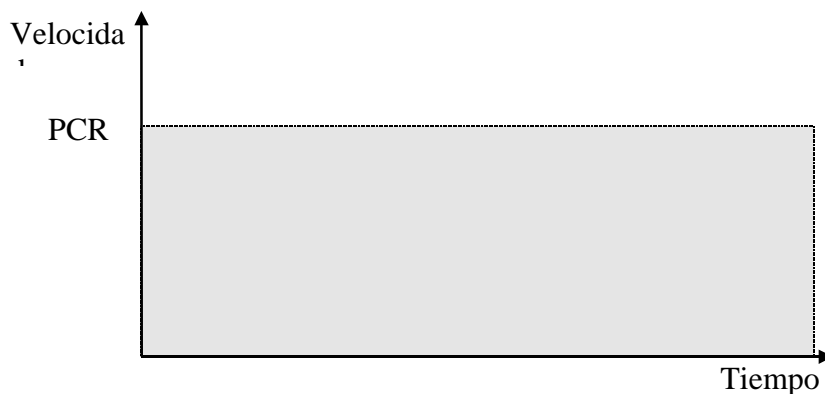


Figura 7.1. Capacidad de Transferencia DBR.

El compromiso básico realizado por la red a un usuario que hace una reserva de recursos utilizando la capacidad de transferencia DBR es que, una vez que la conexión ATM está establecida, se garantiza la QoS (negociada con la red vía señalización o establecida en la suscripción del servicio) de capa ATM para todas las células que cumplan con las características especificadas (PCR y su tolerancia). La fuente de tráfico podrá emitir células a *la velocidad PCR o por debajo de ella* en cualquier momento y durante el intervalo de tiempo que desee, estando los mecanismos de UPC/NPC de red encargados de velar por el cumplimiento mencionado de características.

En DBR las células se tratan independientemente del valor del bit CLP, es decir, conjuntamente para el tráfico agregado $CLP=0+1$.

El algoritmo de conformidad de células pertenecientes a una conexión con ATC definida como DBR se esquematiza en la figura siguiente.

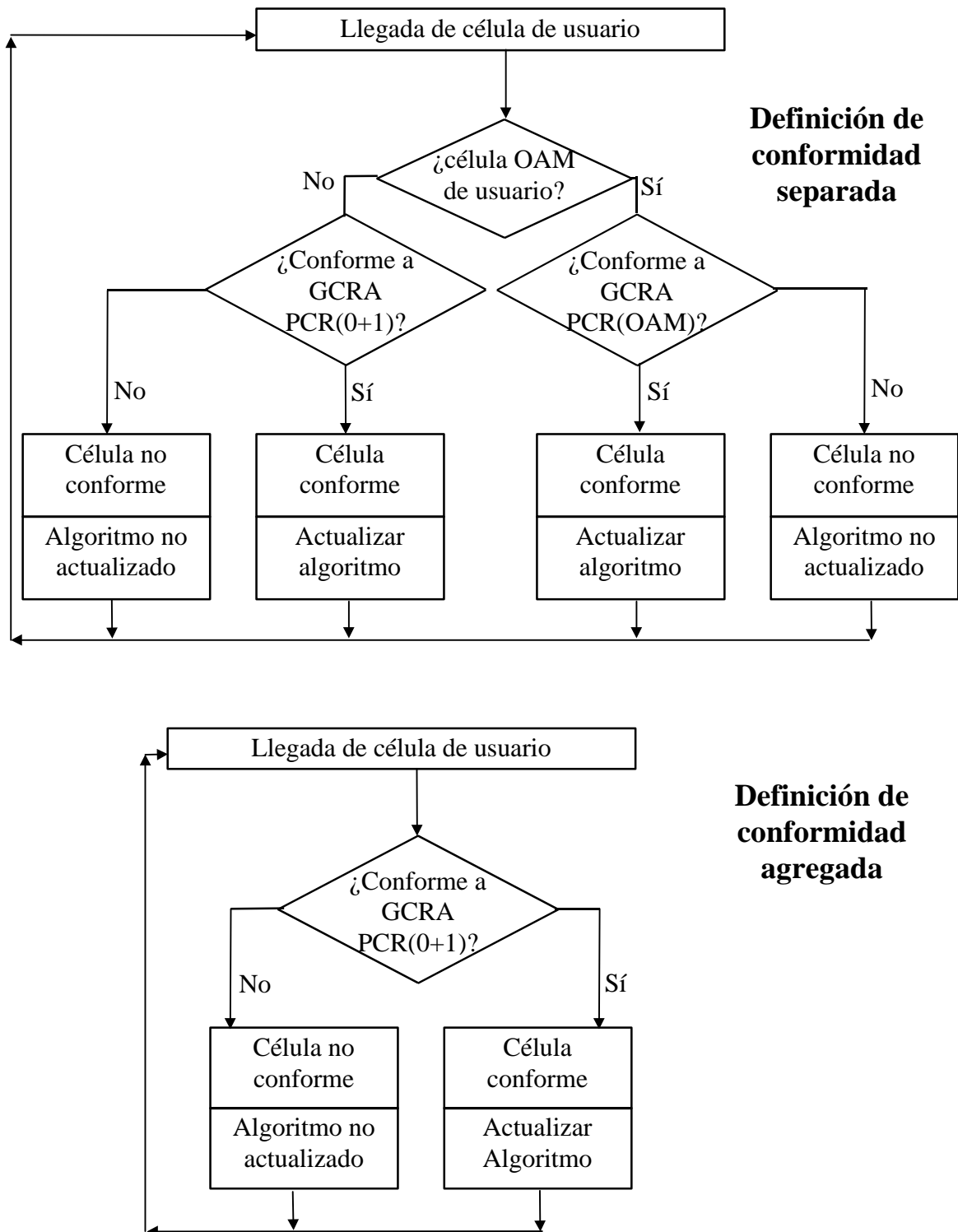


Figura 7.2. Definiciones de conformidad separada y agregada.

7.2.3.2. Velocidad de Bit Estadística (SBR, *Statistical Bit Rate*).

En la capacidad de transferencia ATM de velocidad de bit estadística (**SBR**, *Statistical Bit Rate* en la denominación de la ITU; categoría de servicio **VBR**, *Variable Bit Rate* en la del ATM Forum) el sistema final utiliza los parámetros de tráfico SCR, IBT y PCR para describir, con un nivel de detalle mayor que simplemente con PCR, el flujo de células que serán ofrecidas a la conexión. Es por tanto necesario que las aplicaciones que hagan uso de SBR tengan un conocimiento mejor, a priori, de las características del tráfico que desean transmitir.

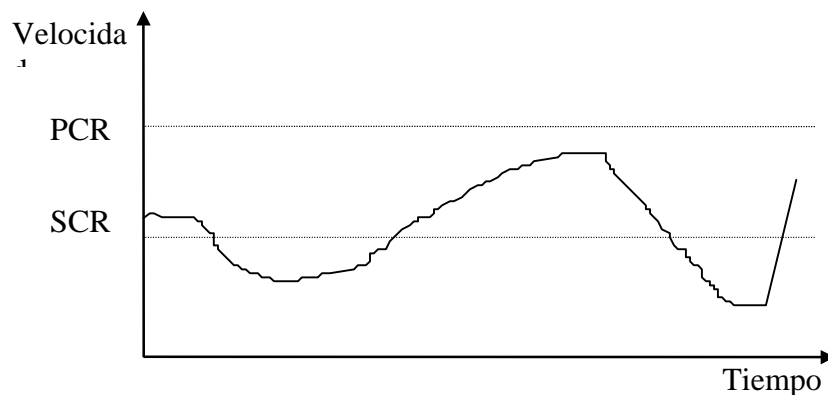
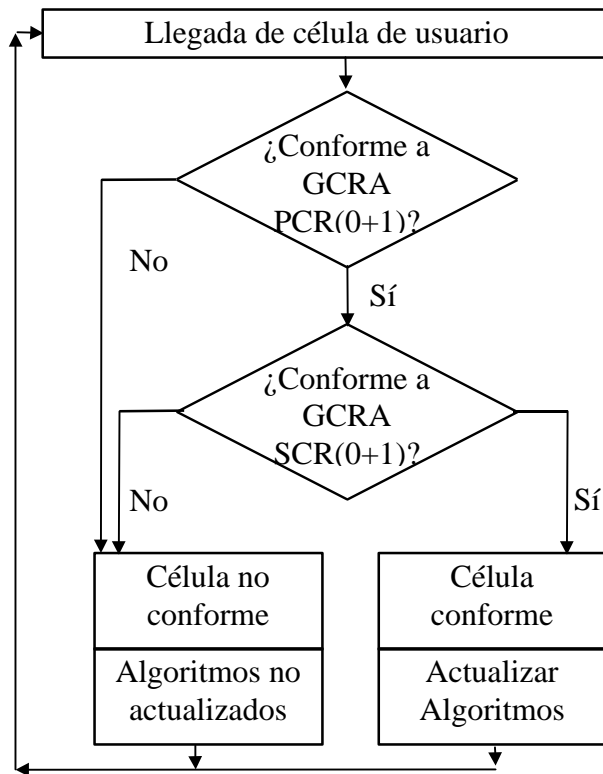


Figura 7.3. Capacidad de Transferencia SBR.

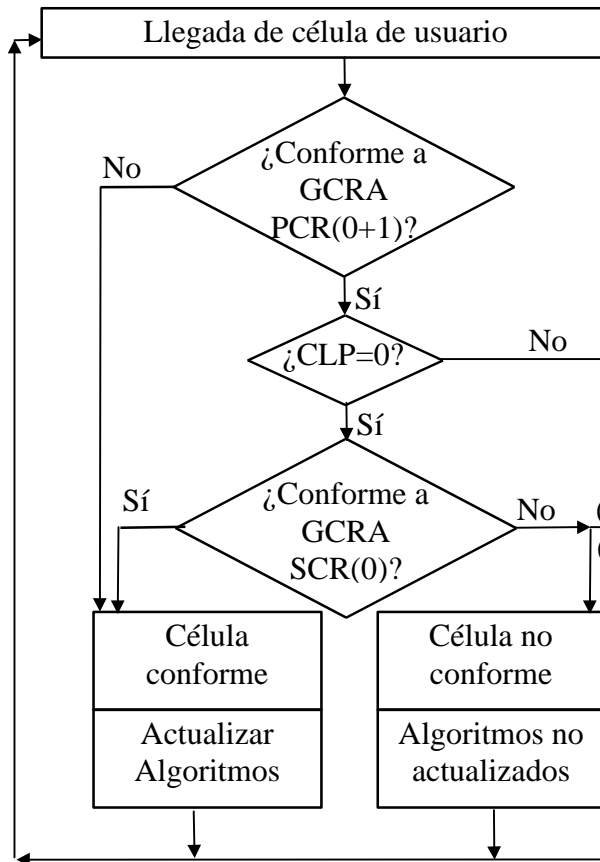
Actualmente, la ITU distingue 3 capacidades SBR:

- SBR1, que no discrimina células en base a su bit CLP (i.e. $CLP=0+1$)
- SBR2 y SBR3, que sí establecen diferencias de tratamiento en base al CLP; concretamente, se define el PCR para $CLP=0+1$ y el SCR y CLR para $CLP=0$. La diferencia estriba en que SBR3 permite el marcado (*tagging*, cambio del bit CLP de 0 a 1 para rebajar su prioridad) de células para su descarte mientras que SBR2 no (y por tanto descarta directamente las células no conformes).

El algoritmo de conformidad de células pertenecientes a una conexión con ATC definida como SBR se esquematiza en la figura siguiente.



Definición de conformidad para SBR1



Definición de conformidad para SBR2 y SBR3

[Nota: seguir el camino (2) ó el (3) respectivamente]

Figura 7.4. Definición de conformidad para SBR.

7.2.3.3. Transferencia de Bloques ATM (*ABT, ATM Block Transfer*).

La capacidad de transferencia de bloques ATM (*ABT, ATM Block Transfer* definida únicamente en la ITU) es un mecanismo preventivo de capa ATM que permite negociar las características de transferencia basándose en bloques de células. Para cada bloque ATM aceptado por la red, se asignan suficientes recursos para que la calidad de servicio recibida por las células que constituyen el bloque sea equivalente a la que recibiría una conexión DBR con la misma velocidad de pico PCR que la negociada velocidad de bloque (*BCR, Block Cell Rate*).

Actualmente se están estandarizando dos variantes:

- *ABT con transmisión retardada (ABT/DT, ABT with Delayed Transmission)*, en la que el usuario espera a que la red explícitamente acepte o no un nuevo bloque. La calidad garantizada a los bloques consiste en un límite al retardo de aceptación por la red.
- *ABT con transmisión inmediata (ABT/IT, ABT with Immediate Transmission)*, en la que el usuario no espera a que la red explícitamente acepte un nuevo bloque, siendo por tanto los bloques descartables por la propia red. La calidad garantizada a los bloques se da en términos de una determinada pérdida de bloques.

Se define un bloque ATM como el grupo de células de una conexión ATM existente entre dos células de gestión de recursos (*RM cell, Resource Management Cell*), una delante de la primera célula del bloque (*leading RM cell*) y otra después de la última célula del bloque (*trailing RM cell*). La codificación de estas células se resume en la tabla siguiente (véase también el apartado 7.3.1.6).

Campo	Byte	Bit	Codificación
Protocol ID	6	todos	ABT/DT=2, ABT/IT=3
Mensaje: Dirección	7	8	0=células RM hacia delante (desde fuente), 1=atrás (desde destino)
Mensaje: Gestión de tráfico	7	7	1=generado por red, 0=renegociación
Mensaje: Indicac. congestión	7	6	0=BCR modificación OK, 1=fallo
Mensaje: Mantenimiento	7	5	0=modificación de BCR, 1=f.f.s.
Mensaje: Req/Ack	7	4	Request/Acknowledgement
Mensaje: Elástico/Rígido	7	3	0=red puede obviar campos de velocidad de células, 1=no puede
Mensaje: Reserva	7	1-2	-
CLP=0+1 BCR	8-9	todos	valor propuesto (por el usuario) o asignado (por la red)
OAM BCR de usuario	10-11	todos	valor propuesto (por el usuario) o asignado (por la red)

Campo	Byte	Bit	Codificación
Reserva	12-13	todos	Lleva el MCR en ABR.
Tamaño de bloque	14-17	todos	Valor entero; usado por ABT/IT
Número secuencia	18-21	todos	Valor entero; usado por ABT/IT
Reserva	22-51	todos	-
Reserva	52	3-8	-
CRC-10	52-53	10 bits	-
Notas: - El tipo de mensaje indica la semántica de la célula de RM.			

Tabla 7.3. Codificación de células RM en ABT.

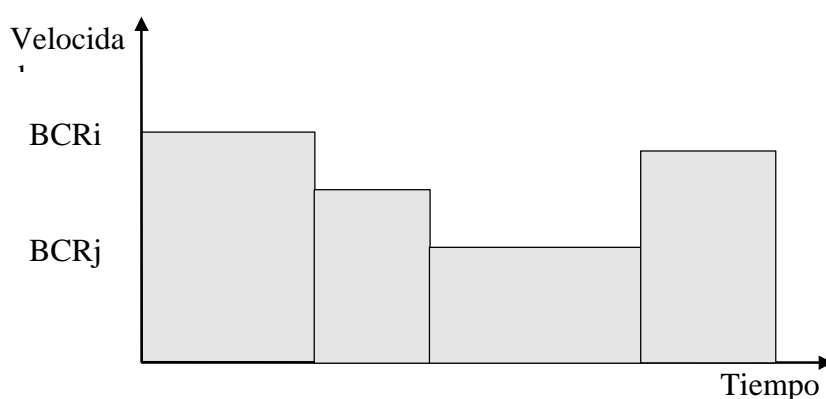


Figura 7.5. Capacidad de Transferencia ABT.

7.2.3.4. Velocidad de Bit Disponible (*ABR, Available Bit Rate*).

La capacidad de transferencia de velocidad de bit disponible (**ABR**, *Available Bit Rate*) se caracteriza por la posibilidad de cambio de las condiciones de transferencia de capa ATM después del establecimiento de la conexión. La aplicación que envía tráfico debe tener la habilidad de modificar (disminuir y aumentar) su velocidad de transferencia de información cuando la red así se lo requiera por medio de mecanismos de realimentación (*feedback*) ad hoc, es decir, mecanismos de control reactivo (por contraposición a preventivo como ABT). Estos mecanismos de realimentación entre la red y el usuario, junto con las acciones que tome este último, constituyen el bucle de control de la conexión ABR, que puede ser extremo a extremo de la conexión o realizarse segmentadamente entre determinados elementos de red.

Siempre que el usuario adapte su velocidad de transferencia a las indicaciones de la red, experimentará una baja CLR; por el contrario, no se garantiza control de CTD ni CDV (no siendo por tanto ABR apta para el soporte de aplicaciones CBR, sino por ejemplo de interconexión de LAN).

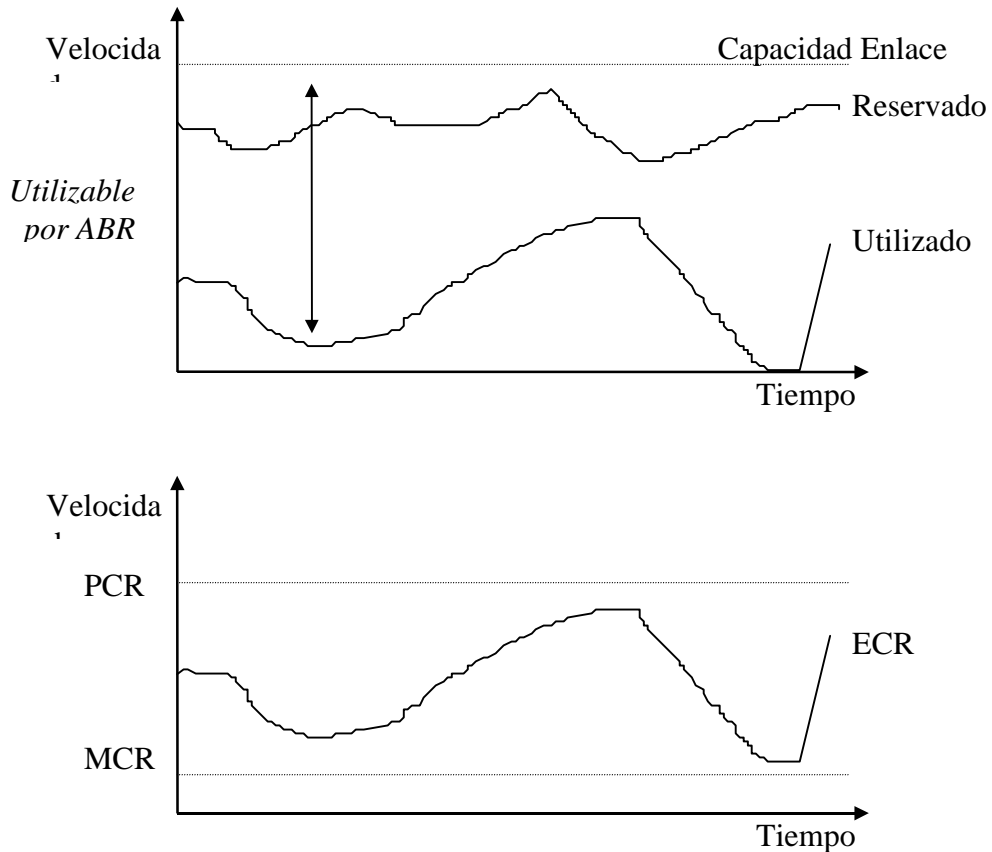


Figura 7.6. Capacidad de Transferencia ABR.

Al establecer la conexión, el usuario y la red negocian los valores de velocidad máxima requerida (PCR) y mínima (MCR, *Minimum Cell Rate*, incluido el valor nulo, con codificación similar a la de PCR) entre los que estará comprendida la velocidad explícita de transferencia de información (ECR, *Explicit Cell Rate*), para la que se garantiza una CLR dada.

Campo	Byte	Bit	Codificación
Protocol ID	6	todos	ABR=1

Campo	Byte	Bit	Codificación
Mensaje: Dirección	7	8	0=células RM hacia delante (desde fuente), 1=atrás (desde destino)
Mensaje: célula BECN	7	7	1=BECN, 0=no BECN
Mensaje: Indicac. Congestión	7	6	1=congestión hacia delante, 0=no
Mensaje: Sin incremento	7	5	1=no se permite incremento de velocidad a la fuente, 0=sí
Mensaje: -	7	4	-
Mensaje: -	7	3	-
Mensaje: Reserva	7	1-2	-
ECR, Explicit Cell Rate	8-9	todos	Máxima velocidad pedida/permitida
CCR, Current Cell Rate	10-11	todos	Velocidad actual al enviar la RM
MCR, Minimum Cell Rate	12-13	todos	Mínima velocidad al establecer la conexión
Longitud de cola	14-17	todos	Nº.máx. de células encoladas en la red
Número secuencia	18-21	todos	Secuencia de células RM de fuente
Reserva	22-51	todos	-
Reserva	52	3-8	-
CRC-10	52-53	10 bits	-
Notas: - El tipo de mensaje indica la semántica de la célula de RM. - BECN: Backward Explicit Congestion Notification, notificación explícita de congestión hacia atrás. - ECR, CCR y MCR: codificación similar a la de PCR			

Tabla 7.4. Codificación de células RM en ABR.

7.2.3.5. Velocidad de Bit No Especificada (*UBR, Unspecified Bit Rate*).

Definida por el ATM Forum, y siendo considerada su implantación por la ITU, la capacidad de transferencia de velocidad de bit no especificada se aplica a conexiones sin parámetros de tráfico declarados ni garantías de QoS.

Únicamente se supone que los usuarios implementarán mecanismos de control reactivo por medio de protocolos de nivel mayor (por ejemplo TCP), de forma que se adapten a las prestaciones ofrecidas por la red.

El Contrato de Tráfico entre el usuario y la red define las características de cada conexión ATM por medio de:

- *Descriptor de tráfico de la conexión*
- *CDV permitida en el UNI/NNI*
- *Definición de cumplimiento de características de la conexión*
- *Selección y caracterización de la clase de QoS requerida*

La tolerancia a CDV viene dada por la existencia de un determinado grado de aleatoriedad en las características de tráfico que se han definido vía los parámetros del contrato. El grado de distorsión del tiempo entre llegadas es lo que se denomina CDVT.

Se han normalizado dos conjuntos de parámetros de tráfico: PCR y SCR/IBT adecuados para las ATC previstas. Estos parámetros se pueden aplicar a flujos de células diferenciados:

- *flujo de datos con CLP=0 (alta prioridad) exclusivamente*
- *flujo de datos con CLP=0+1, i.e. todas la células de datos de usuario*
- *flujo de OAM extremo a extremo*
- *flujo de gestión de recursos (RM)*

La combinación de un subconjunto específico de parámetros de tráfico y sus valores correspondientes junto con las funciones apropiadas para llevar a cabo su control constituyen las capacidades de transferencia ATM (ATC). Solamente el estado de DBR y SCR se encuentra normalizado de una forma estable, estando el resto (ABT, ABR y UBR) en fase de estudio.

7.3. CONTROL DE TRÁFICO Y CONTROL DE CONGESTIÓN.

El **objetivo** primordial de las funciones de control de tráfico y control de congestión en una red ATM es proteger la red y el usuario para conseguir el cumplimiento de la calidad de funcionamiento y, adicionalmente, optimizar el uso de los recursos de red disponibles.

El **estado de congestión** se define como el estado de los elementos de red en el que no es posible cumplir los objetivos de prestaciones negociados entre el usuario y la red para las conexiones establecidas y/o para las nuevas peticiones de conexión. La congestión se puede producir por fallo en la red y por fluctuaciones estadísticas de los flujos de tráfico, debiéndose distinguir del estado en el que el desbordamiento de buffers cause pérdida de células pero manteniendo la calidad de servicio requerida.

El marco de trabajo para estas funciones y procedimientos de control se basa en el concepto de contrato de tráfico y de clases de calidad de servicio definidos anteriormente. Algunos de los procedimientos que se describen en este apartado toman esos conceptos en consideración para aceptar o no la conexión y, en caso afirmativo, cumplir con la QoS requerida siempre que la conexión se comporte de acuerdo con el contrato especificado.

Una conexión se considera que cumple el contrato (*compliant connection*) en tanto que la proporción de células transmitidas que no se ajusten a lo especificado (*non-conforming cells*) no superen un determinado umbral.

En el apartado 7.3.1 se describen las funciones de control de tráfico que intentan evitar el estado de congestión, y en el 7.3.2 se describen las funciones de control de congestión relativas a minimizar la congestión una vez producida.

7.3.1. Funciones de Control de Tráfico.

Las funciones y procedimientos de control de tráfico (**TC**, *Traffic Control*) tienen como objetivo evitar que se produzca el estado de congestión en la red.

El conjunto de funciones previstas a tal efecto es el siguiente:

- Gestión de Recursos de Red (**NRM**, *Network Resource Management*)
- Control de Admisión de la Conexión (**CAC**, *Connection Admission Control*)
- Control de Parámetros de Uso/Red (**U/NPC**, *Usage/Network Parameter Control*)
- Control de Prioridad (**PC**, *Priority Control*)
- Modelado de Tráfico (**TS**, *Traffic Shaping*)
- Gestión Rápida de Recursos (**FRM**, *Fast Resource Management*)

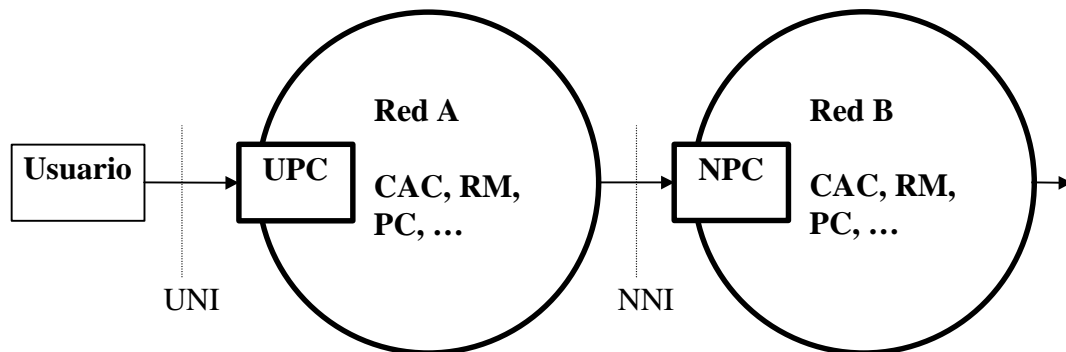


Figura 7.7. Configuración de referencia para control de tráfico y congestión.

Cabe destacar que es necesario disponer de mecanismos que ejerzan el control de tráfico y de congestión para servicios no orientados a conexión, para lo que se han de derivar y armonizar los parámetros utilizados a tal efecto por los protocolos de nivel superior a la AAL (por ejemplo **CLNAP**, *ConnectionLess Network Access Protocol* de SMDS) en base a los enumerados arriba y utilizados por capa ATM.

7.3.3.1. Gestión de Recursos de Red (*NRM*, *Network Resource Management*).

Principalmente llevado a cabo en base a VPC, la gestión de recursos de red es un concepto genérico que se encuentra estrechamente relacionada con el resto de funciones de control de tráfico enumeradas más adelante, pudiendo usarse con relación a éstas para:

- Simplificación de CAC, por segregación de los VP en los que se encuentran las VC sobre las que se lleva a cabo el control de admisión.
- Implementación de una forma de control de prioridad por medio de la segregación de tipos de tráfico con distintos requerimientos de QoS.
- Distribución eficiente de mensajes para mecanismos de operación de control de tráfico.

- Agregación de servicios de usuario a usuario, aplicable para simplificación de UPC/NPC.

7.3.1.2. Control de Admisión de la Conexión (**CAC, Connection Admission Control**).

Si bien puede parecer que CAC es una característica propia de ATM, no resulta ser más que la implementación de un tradicional principio de ingeniería de redes: la compartición de recursos con el objetivo de satisfacer las necesidades de los usuarios con un coste eficiente.

En las redes de conmutación de circuitos, en las que los usuarios demandan una cantidad determinada de recursos (ancho de banda) para su utilización en exclusividad durante la llamada, el control de admisión utiliza esa información para determinar si se acepta la llamada en función del dimensionado de la red y de la cantidad de recursos requeridos. De la misma forma se realiza en las redes ATM, salvo que a las conexiones aceptadas se les garantiza el uso *no exclusivo* de una cantidad de recursos y la QoS *estadística* requerida.

Debe destacarse que las funciones de asignación de recursos se pueden estructurar en dos niveles:

- **Nivel de Configuración** (*Configuration Level*): realizado en el plano de gestión para conexiones red a red, consiste en las decisiones de dimensionado y operación tomadas en base a la estimación de la intensidad y características globales del tráfico transportado. En este nivel se toman las decisiones principales del tratamiento de distintas QoS, es decir, la distribución de recursos (ancho de banda y buffers principalmente) con el objetivo de que comportamientos anormales en unas no afecten a las otras. Véase NRM.
- **Nivel de Conexión de Usuario** (*User Connection Level*): realizado para conexiones usuario a usuario en el plano de control si conmutadas y en el de gestión en caso contrario. Corresponde a los procedimientos CAC propiamente denominados.

CAC se define en la Recomendación I.371 como el conjunto de acciones tomadas por la red durante la fase de establecimiento de la llamada (o su renegociación posterior) para determinar si una petición de conexión puede ser aceptada o ha de ser rechazada. El criterio de aceptación es la existencia de suficientes recursos disponibles para satisfacer la QoS requerida (a lo largo de la red), manteniendo a la vez la calidad de las conexiones ya

establecidas. CAC se realiza en los puntos en los que un enlace de VP o VC termina dentro de la red.

Para ello, los algoritmos de CAC deben obtener información acerca de STD y QoS requeridos, así como del estado de la red (bien por estimación, por medidas en tiempo real o por procedimientos heurísticos), para determinar la cantidad de recursos que se necesitan. Con esta información llevará a cabo las siguientes acciones:

- determinar si la conexión puede aceptarse
- determinar los parámetros de tráfico necesarios para UPC
- rutar la conexión
- asignar recursos de red
- en caso de renegociación, aceptar o no un cambio de parámetros

Los criterios específicos de aceptación de la conexión en base a las características de transferencia se pueden desglosar dependiendo si ésta se realiza en base a una multiplexación determinista (vía PCR) o estadística (vía SCR o para servicios UBR), como se especifica a continuación:

- **CAC basada en PCR:**

Representa los algoritmos CAC de naturaleza más simple y robusta que se introducirán en la red. Si bien su definición pudiera parecer un problema trivial (se aceptan conexiones mientras que se cumpla que la suma de los PCR sea menor del ancho de banda disponible), se presentan distintos condicionantes que requieren un estudio más profundo:

- Fenómenos de colas a nivel de célula (*cell scale queueing*): incluso en el caso de la suma de PCR sea menor que la capacidad del enlace, la llegada simultánea de células de distintas conexiones puede hacer que se produzcan colas, dependiendo de la tasa de llegadas y el tamaño de los buffers, lo que implicaría pérdidas y/o retardos. La probabilidad de que esto ocurra depende de un factor de carga de los enlaces, debiéndose establecer un límite a esta utilización por medio de un factor de carga máxima p_{MAX} dependiente del parámetro CLR.
- Tolerancia a CDV: para los algoritmos basados en PCR, se asume que las fuentes de tráfico son CBR con tasa de células igual al PCR dado, con una CDVT pequeña (por lo que se puede requerir el uso de espaciadores).
- Distintos tipos de conexiones: como se mencionó anteriormente, las características de las funciones requeridas para el nivel de configuración son distintas en general que para el caso de conexiones

de usuario. La implementación de algoritmos basados en PCR serán por tanto distintas.

- Distintas clases de QoS: debe decidirse si CAC se realiza independientemente para cada QoS o de una forma integrada.
- Heterogeneidad de elementos de red: las distintas arquitecturas de cada proveedor en cuanto a mecanismos de colas hacen necesario el control de p_{MAX} por medio de funciones de gestión.
- Aspectos de evolución: para implementar algoritmos de CAC basados en multiplexación estadística, éste método presenta una evolución directa por medio de la definición de anchos de banda efectivos, como se verá más adelante.

Con estos condicionantes en mente, la fórmula de decisión para aceptar una nueva conexión debe ser del tipo

$$\Sigma PCR + PCR_{nuevo} \leq \text{Ancho_Banda_Enlace} \cdot p_{MAX}$$

Este método CAC es fácilmente implementable y presenta la solución más sencilla para tráficos de características CBR y funciones de nivel de configuración.

Nótese que este método se puede aplicar no sólo para tráfico CBR, sino para VBR también, por lo que un factor de carga $p_{MAX}=0.8$ no significa necesariamente que se acepten conexiones hasta el 80% de la capacidad del enlace (en presencia de VBR, la carga media sería menor).

- **CAC para multiplexación estadística con QoS garantizada:**

Representa los algoritmos CAC empleados para aceptar conexiones definidas por otros parámetros además de PCR (i.e. SCR, IBT, u otros). Actualmente en fase de definición, se encuentran dos vertientes de aproximación al problema:

- Métodos de multiplexación por envolvente de velocidades (**REM**, *Rate Envelope Multiplexing*), basados en la suposición de que no existen buffers grandes en la red que soporten una gran cantidad de células, con lo que para el cómputo de recursos se requiere solamente el SCR además de PCR (no IBT u otros). Dentro de estos métodos destacan los que, para el cálculo de la fórmula de decisión similar a la del caso PCR, computan la función de densidad de probabilidad de velocidad de células (método de convolución), o computan un ancho de banda efectivo como parámetro que engloba las características de la fuente, o bien una varianza efectiva (dos parámetros para caracterizarla).
- Métodos de compartición de velocidades (**RS**, *Rate Sharing*), que suponen la existencia de buffers grandes en la red que absorban el tráfico sobrante cuando se produzcan incrementos extraordinarios de velocidad (más ancho de banda entrante que saliente; nótese que estos buffers implican un aumento de los retardos en la red debido al almacenamiento). Son más complejos que los anteriores, toman en consideración parámetros como IBT

y similares, y se basan en mecanismos de control de congestión preventivos (por contraposición a mecanismos adaptativos basados en feedback, como las ATC ABR y ABT).

- **CAC para multiplexación estadística con QoS no garantizada:**

Representa los algoritmos CAC empleados para aceptar conexiones de tipo UBR, en las que se puede soportar una degradación de la QoS al no existir valores negociados. Para ello se pueden desarrollar sistemas de CAC basados en PCR con factores de sobredimensionamiento que permitan una mayor ganancia estadística en la multiplexación, pudiendo dar lugar a degradaciones importantes de QoS.

Actualmente se encuentran estos criterios de asignación de recursos en fase de estudio y especificación.

7.3.1.3. Control de Parámetros de Uso / Red (UPC/NPC, Usage / Network Parameter Control).

El control de parámetros de uso (UPC) y de red (NPC) se define en la Recomendación I.371 como el conjunto de acciones que toma la red para monitorizar y controlar el tráfico, en los términos de tráfico ofrecido y validez de la conexión ATM, realizando funciones similares pero en interfaces distintos: UPC en el UNI y NPC en el NNI. Además, UPC se considera de inclusión obligatoria para toda red, mientras que NPC es opcional.

Su principal objetivo es proteger los recursos de la red por parte de comportamientos maliciosos o no intencionados, que puedan afectar a la QoS de otras conexiones ya establecidas, por medio de la detección de violaciones de los parámetros y procedimientos negociados y de la toma de acciones apropiadas al respecto.

Las **funciones** de UPC/NPC son por tanto:

- monitorización del tráfico de entrada en la red para comprobar si los parámetros negociados son violados, llevándose a cabo por medio de uno o más controles de conformidad (*conformance control*) sobre las células de la conexión.
- toma de acciones que aseguren la conformidad del flujo de tráfico y, opcionalmente, remodelar el tráfico ofrecido (*traffic re-shaping*) para minimizar su impacto en la red, sin afectar la QoS de la conexión; si se utiliza el etiquetado de células (*cell tagging*), la puesta a 1 del bit CLP se debe realizar para las células que no sean conformes.

- comprobación de la validez de VPI y/o VPI/VCI, que si bien estrictamente debería estar incluida en las funciones de multiplexación correspondientes, se incluye aquí siguiendo las recomendaciones existentes.

Las **acciones** que debe tomar UPC/NPC en base al tráfico entrante en la red son:

- Nivel de célula
 - Paso de células (*cell passing*), para cada una de las que resulten conformes con los parámetros negociados.
 - Etiquetado de células (*cell tagging*), opcional, para células no conformes se sobrescribe a 1 el bit CLP.
 - Descarte de células (*cell discarding*), para células no conformes no se procede a su transmisión.
- Nivel de bloque.
 - Inicio de la modificación de recursos asignados a la conexión, dependiendo de la capacidad de transferencia (por ejemplo ABT).
 - Descarte del resto de células del bloque.

Dado que UPC/NPC se realiza teniendo como datos los parámetros contenidos en el STD y dado que las referencias de sus algoritmos son los contenidos en las distintas definiciones de conformidad de las ATC (aunque no se especifica en la Recomendación que deban ser exactamente iguales), estos pueden ser consultados en el apartado dedicado a la especificación de ATC. Baste reseñar que UPC/NPC pretenden identificar y descartar un volumen de células tan similar como sea posible al volumen de células que resulten no conformes utilizando los algoritmos de conformidad indicados.

La localización de UPC/NPC se define básicamente para VP y VC en el punto en que primero terminen dentro de la red, teniendo en cuenta que una conexión de VC no está sujeta a control si pertenece a un VP de usuario a usuario (que es el controlado realmente).

Nótese que, de la misma forma que en 7.2.2 se definieron los distintos tipos de flujos de células de usuario sobre los que aplicar parámetros de tráfico (CLP=0, CLP=0+1, OAM y RM), las funciones de UPC son también aplicables a cada uno de ellos.

7.3.1.4. Control de Prioridad (PC, Priority Control).

Actualmente se encuentra normalizado únicamente el descarte selectivo de células (**SCD**, *Selective Cell Discard*), también utilizado como función de control de congestión.

SCD hace referencia a la acción de descartar selectivamente células cuyo campo CLP sea igual a 1 (denominadas células de baja prioridad, que pueden haber sido emitidas como tal o bien etiquetadas así por funciones de UPC/NPC de red) cuando se produzca saturación de buffers en la red. La calidad de servicio establecida no se debe ver afectada por estos procedimientos SCD.

La aplicabilidad de SCD depende de la ATC utilizada para la transferencia de información.

7.3.1.5. Modelado de Tráfico (TS, Traffic Shaping).

El modelado de tráfico es un mecanismo que altera las características de tráfico de una corriente de células pertenecientes a un VCC o VPC, de forma que se consiga una mejor eficiencia de red a la vez que se mantenga los objetivos de QoS.

El efecto lateral introducido en el flujo de células es el incremento del retardo medio de transferencia de células (*mean CTD*).

Ejemplos de TS son:

- reducción de la velocidad de pico (PCR)
- limitación de longitud de ráfagas
- reducción de CDV (mediante espaciado de células, *cell spacing*)

Cabe destacar que las funciones de TS se pueden realizar tanto por el usuario, a efectos de asegurar que las células emitidas son conformes a un modelo de tráfico adecuado a la ATC utilizada, como por la red, para modificar las características de tráfico cursado de acuerdo con la asignación de recursos que realice.

7.3.1.6. Gestión Rápida de Recursos (FRM, Fast Resource Management).

Las funciones de gestión rápida de recursos operan en la escala de tiempo del retardo de propagación de ida y vuelta de la conexión ATM. Las ATM ABT y ABR descritas anteriormente hacen uso de las funciones de FRM para asignar dinámicamente recursos a las conexiones que utilizan estas capacidades. Otros usos de FRM quedan para un estudio posterior.

El formato genérico de las células RM, con las que se lleva a cabo la funcionalidad aludida, se muestra en la figura siguiente.

ATM Header	Identificador de protocolo RM	Campos específicos de función	Reserva	CRC-10
5 bytes	8 bits	45 bytes	6 bits	10 bits

Notas:

ATM Header: véase el tema relativo a capa ATM para la codificación de la cabecera.

RM Protocol Identifier: 1 ABR, 2 ABT/DT, 3 ABT/IT, 248 a 245 reservado.

Function Specific Fields: codifican la funcionalidad propia de ABR, ABT, ...

CRC-10: protección de errores del contenido de RM.

Los bytes no usados se codifican 6AH; los bits no usados de bytes incompletos van a cero.

Figura 7.8. Formato de célula RM.

7.3.2. Funciones de Control de Congestión.

Las funciones y procedimientos de control de congestión (**CC**, *Congestion Control*) tienen como objetivo minimizar la intensidad, propagación y duración del estado de congestión en la red, iniciándose una vez que exista congestión en uno o más elementos de red.

El conjunto de funciones previstas a tal efecto es el siguiente:

- Descarte Selectivo de Células (**SCD**, *Selective Cell Discard*)
- Indicación Explícita hacia delante de Congestión (**EFCI**, *Explicit Forward Congestion Indication*)

7.3.2.1. Descarte Selectivo de Células (**SCD, Selective Cell Discard**).

De la misma forma que el SCD descrito al hablar la funciones de control de prioridad (apartado 7.3.1.4), SCD para control de congestión hace referencia a la acción de descartar selectivamente células cuyo campo CLP sea igual a 1, en este caso, una vez que se produzca el estado de congestión en algún elemento de red, con el objetivo de proteger los flujos de células de alta prioridad (CLP igual a 0).

7.3.2.2. Indicación Explícita hacia delante de Congestión (**EFCI, Explicit Forward Congestion Indication**).

La EFCI es un mecanismo de notificación de congestión que puede ser utilizado como ayuda a la red para evitar y recuperarse de un estado de congestión.

Un elemento de red que se encuentre en un estado de congestión puede emitir una indicación explícita hacia delante de congestión en la cabecera de la célula de forma que sea analizado por el destino (por ejemplo, la fuente y el destino de tráfico de usuario podrían utilizar este mecanismo).

Estos mecanismos, y el grado de impacto que podrían tener en el control de tráfico y de congestión, se encuentran en estudio actualmente.

*El **objetivo** de las funciones de control de tráfico y control de congestión es proteger la red y el usuario para conseguir el cumplimiento de la calidad de funcionamiento y optimizar el uso de los recursos de red disponibles.*

*El **estado de congestión** se define como el estado de los elementos de red en el que no es posible cumplir los objetivos de prestaciones negociados entre el usuario y la red para las conexiones establecidas y/o para las nuevas peticiones.*

*Las funciones y procedimientos de control de tráfico (**TC, Traffic Control**) tienen como objetivo evitar que se produzca el estado de congestión en la red. Las funciones de control de tráfico analizadas han sido:*

- *Gestión de Recursos de Red (**NRM, Network Resource Management**)*
- *Control de Admisión de Conexión (**CAC, Connection Admission Control**)*

- *Control de Parámetros de Uso y de Red (UPC/NPC, Usage/Network Parameter Control)*
- *Control de Prioridad (PC, Priority Control)*
- *Modelado de Tráfico (TS, Traffic Shaping)*
- *Gestión Rápida de Recursos (FRM, Fast Resource Management)*

Los procedimientos de control de congestión tienen como objetivo minimizar la intensidad, propagación y duración del estado de congestión en la red, iniciándose una vez que exista congestión en uno o más elementos de red. Las funciones de control de congestión analizadas han sido:

- *Descarte Selectivo de Células (SCD, Selective Cell Discard)*
- *Indicación Explícita hacia delante de Congestión (EFCI, Explicit Forward Congestion Indication)*

7.4. GCRA PARA PCR.

Este apartado especifica el algoritmo de referencia que se utiliza para decidir si un flujo de células se atiene al valor negociado de PCR considerando una tolerancia determinada. La implementación real de cualquier algoritmo de este estilo es específica de cada vendedor, pero debe ajustarse al modelo definido aquí (Recomendación I.371).

Existen **dos versiones equivalentes** de este algoritmo, denominadas Algoritmo de Planificación Virtual (**VSA**, *Virtual Scheduling Algorithm*) y Algoritmo de Cubo de Goteo por Estado Continuo (**CSLBA**, *Continuous State Leaky Bucket Algorithm*). En la figura siguiente se representan ambos algoritmos, estando la explicación de cada uno de ellos referida a esta figura. La equivalencia de los algoritmos es en el sentido que, para un flujo cualquiera de células, los dos determinan el mismo conjunto de células conformes y no conformes.

El mecanismo de GCRA permite por medio de una tolerancia que cierta cantidad de células lleguen más rápido de lo especificado por su PCR, siempre que tras esta ráfaga rápida halla un periodo de silencio hasta la llegada de más células (para que, a largo plazo la velocidad media de llegada de células sea igual al PCR negociado).

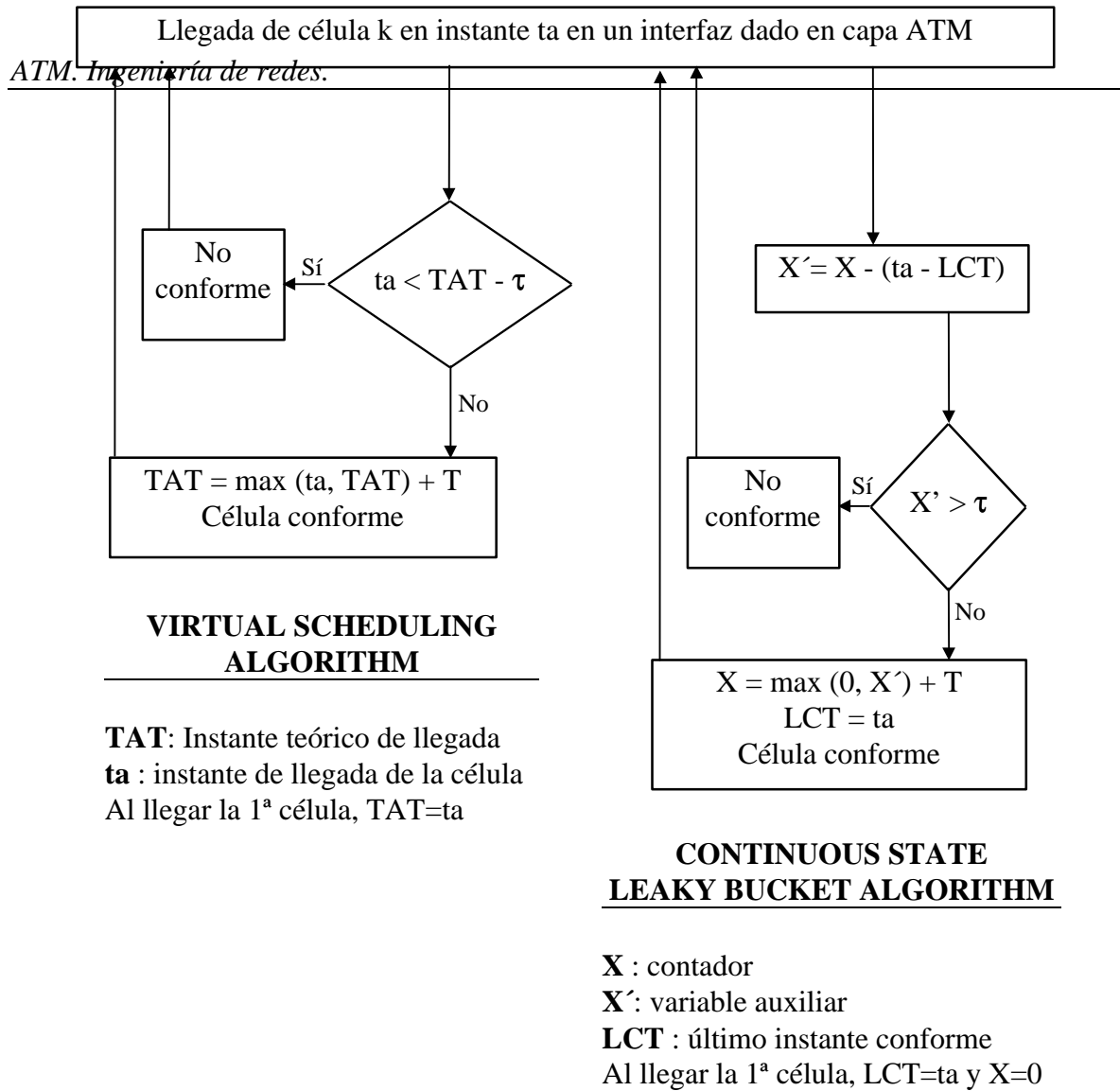


Figura 7.9. Algoritmos equivalentes para GCRA PCR (τ es tolerancia).

7.4.1. Virtual Scheduling Algorithm.

El VSA actualiza un instante de llegada teórico (**TAT**, *Theoretical Arrival Time*), que representa el instante de llegada *nominal* de una célula (asumiendo que las células se envían igualmente espaciadas a intervalos de emisión $T=1/PCR$ cuando la fuente está activa).

Si el instante real de llegada de una célula no es demasiado pronto comparado con el TAT y la tolerancia τ asociada al PCR, la célula se ajusta al contrato.

Siguiendo el algoritmo esquematizado en la Figura 7.9, en el instante de llegada de la primera célula (denominado $ta(0)$) se inicializa el TAT haciéndolo igual a $ta(0)$, el instante actual. Para las células siguientes, por ejemplo la k -ésima:

- **Caso 1:** si el instante de llegada $ta(k)$ es menor que el valor $(TAT-\tau)$, entonces la célula **no es conforme**; i.e., ha llegado antes de lo esperado incluyendo la tolerancia, teniendo por tanto una velocidad de llegada mayor que el PCR negociado. Al no actualizarse TAT obligamos a que, para que la siguiente célula sea conforme al aplicar de nuevo el algoritmo y dado que la presente se ha descartado, llegue más tarde que $TAT-\tau$ (como si no existiera esta célula que descartamos).
- **Caso 2:** si $ta(k)$ es mayor o igual que $(TAT-\tau)$ pero menor que TAT, la célula **es conforme** y se actualiza TAT haciéndolo igual a $TAT+T$; esto es, la célula ha llegado antes de lo esperado pero dentro del valor especificado de tolerancia, por lo que el flujo tiene una velocidad mayor que el PCR negociado pero dentro del margen permitido asociado al CDV, por lo que la siguiente célula deberá llegar en el siguiente instante teórico previsto (nótese que $TAT+T > ta(k)+T$, lo que representa que la siguiente célula no llegará en T unidades de tiempo desde el instante en que llegó la actual, sino que habrá de llegar teóricamente dentro de $(TAT-ta(k))+T$, que quiere decir que llegará *más lenta* que la anterior que llegó *demasiado rápido*)
- **Caso 3:** por último, si $ta(k)$ es mayor que TAT, la célula **es conforme** y TAT se hace igual a $(ta(k)+T)$; es decir, esperamos que teóricamente la próxima célula llegue dentro de T unidades de tiempo contadas desde el instante actual $ta(k)$, por tanto a velocidad PCR.

En la siguiente figura se encuentra un ejemplo de ejecución de este algoritmo con un modelo de llegadas de células dado, para un $PCR = 50 \text{ células/seg} = 2650 \text{ kbytes/seg} =$

21200 kbit/s y una tolerancia $\tau = 50$ microsegundos. En ella se representa una tabla con los valores de los parámetros identificados arriba, un esquema de llegadas de las células correspondientes a esa tabla (incluyendo indicación de TAT para la célula 4 y que debido a la tolerancia las células 5 y 6 no son conformes pero la 7 sí) y otro esquema correspondiente a un patrón de células distribuido uniformemente con intervalo T.

k	ta(k)	TAT	Caso 1 ta(k) < TAT - τ (no actualiza TAT)	Caso 2 ta(k) \geq TAT - τ y ta(k) < τ (actualiza TAT + T)	Caso 3 ta(k) > TAT (actualiza ta + T)	Conforme
0	0	0	-	-	-	-
1	20	20	-	sí	-	Sí
2	25	40	-	sí	-	Sí
3	30	60	-	sí	-	Sí
4	35	80	-	sí	-	Sí
5	40	100	sí	-	-	No
6	45	100	sí	-	-	No
7	50	100	-	sí	-	Sí
8	55	120	sí	-	-	No
9	80	120	-	sí	-	Sí
10	100	140	-	sí	-	Sí
11	165	160	-	-	sí	Sí
12	170	185	-	sí	-	Sí

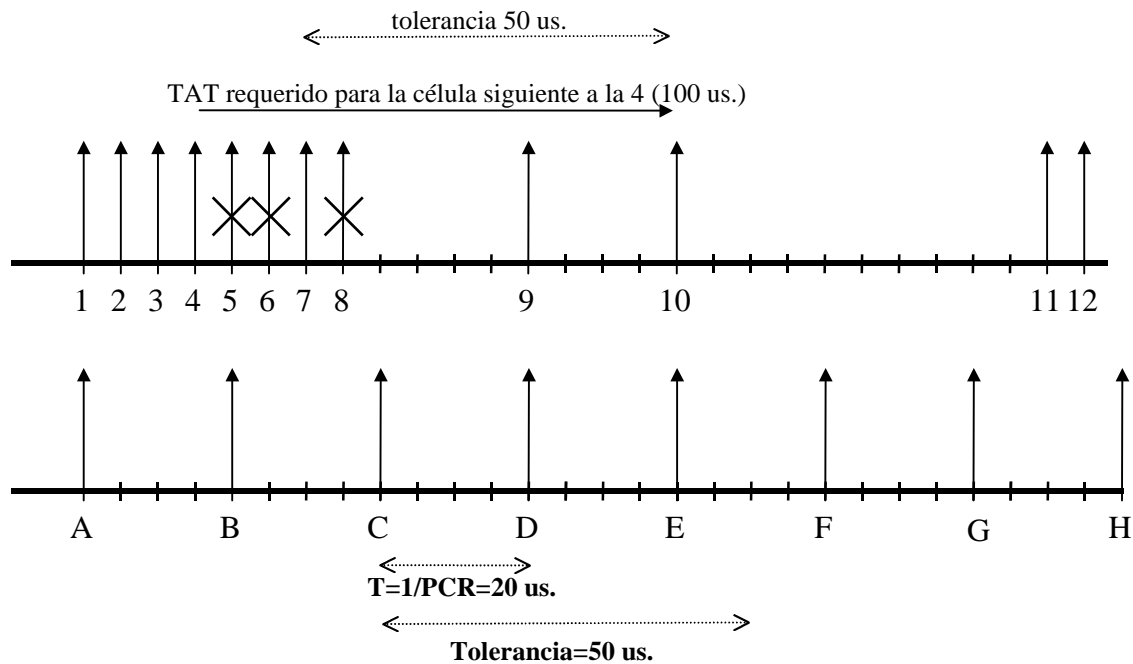


Figura 7.10. Ejemplo de ejecución del VSA (T=20 us., τ =50 us.).

7.4.2. Continuous State Leaky Bucket Algorithm.

El CSLBA se puede considerar como un cubo de capacidad finita cuyo contenido (de valor en número entero) gotea a velocidad continua de 1 unidad de contenido por unidad de tiempo, siendo rellenado el cubo en T unidades de contenido por cada célula conforme.

Se dispone de dos variables que regulan el comportamiento del cubo: su contenido máximo, que representa el valor del contador de capacidad o *altura del cubo*, y la velocidad de goteo o salida. Aparte de estas dos variables, se definen 2 parámetros para el CSLBA GCRA: Incremento y Límite, **GCRA(I,L)**, que representan cuánto ocupa una célula en el cubo y la capacidad máxima del mismo, respectivamente. Nótese que el incremento $I = T$ (inverso de PCR) unidades de contenido, que el límite $L = \text{tolerancia } (\tau)$ que la capacidad global o máximo valor de contenido es $X_{\max} = T + \tau$.

En general, si las células entran demasiado rápido al cubo y no da tiempo a que salgan debido al goteo constante, éste se llena y termina por desbordarse. Si a la llegada de una célula el contenido del cubo no sobrepasa el valor máximo, la célula es conforme.

Siguiendo el algoritmo esquematizado en la Figura 7.9, en el instante de llegada de la primera célula (denominado $ta(0)$) se inicializa el contenido del cubo a 0 unidades ($X=0$) y el LCT (**Last Conformance Time**) se iguala a $ta(0)$. La utilización de LCT es para computar cuánto ha goteado el cubo desde la última célula conforme. Para las células siguientes, por ejemplo la k -ésima:

- **Antes de nada**, el contenido del cubo se actualiza provisionalmente al valor $X' = X - (ta(k) - LCT)$, que es el contenido del cubo después de la llegada de la última célula conforme menos la cantidad que ha salido por goteo desde entonces. Esta cantidad puede ser negativa, por ejemplo en la primera célula. Nótese que el contenido del cubo se rellena en este algoritmo cuando llega la siguiente célula, es decir, se computa la cantidad en el cubo cuando llega la siguiente célula.
- **Caso 1**: si X' es menor o igual que el límite L , la célula **es conforme** y el contenido del cubo se actualiza a $X = X'$ (ó 0 si X' es negativo) más el incremento I , siendo LCT igualado al instante actual $ta(k)$. El cubo estaba ocupado por una

cantidad dada X' (o cero si había dado tiempo a que se vaciara completamente por goteo durante el intervalo desde que llegó la última célula conforme; nótese que el cubo sólo se incrementó cuando llegó la última célula conforme) menos lo que halla goteado desde entonces; si con la llegada de esta célula se desborda, esta célula no es conforme y el cubo no se llena más (no se permite que el cubo se llene en fracciones), pero si no se desborda el cubo se rellena.

- **Caso 2:** si X' es mayor que el límite L , la célula es **no conforme** y X y LCT no sufren ningún cambio. El cubo se ha desbordado al llegar esta célula y lo que sobra (precisamente ella) se ha salido; de todas formas, el cubo sigue goteando.

Otras 2 explicaciones del cubo se pueden encontrar en la literatura asociada, siendo quizás más utilizadas, si bien el comportamiento del cubo es el mismo (se va llenando conforme llegan células, se vacía por goteo conforme para el tiempo, si desborda entonces la célula es no conforme). En la primera de ellas el cubo se computa en unidades de tiempo, mientras que en la segunda se computa siendo la unidad la propia célula. Se puede pasar de un modelo a otro con la relación matemática que se especifica en la figura siguiente.

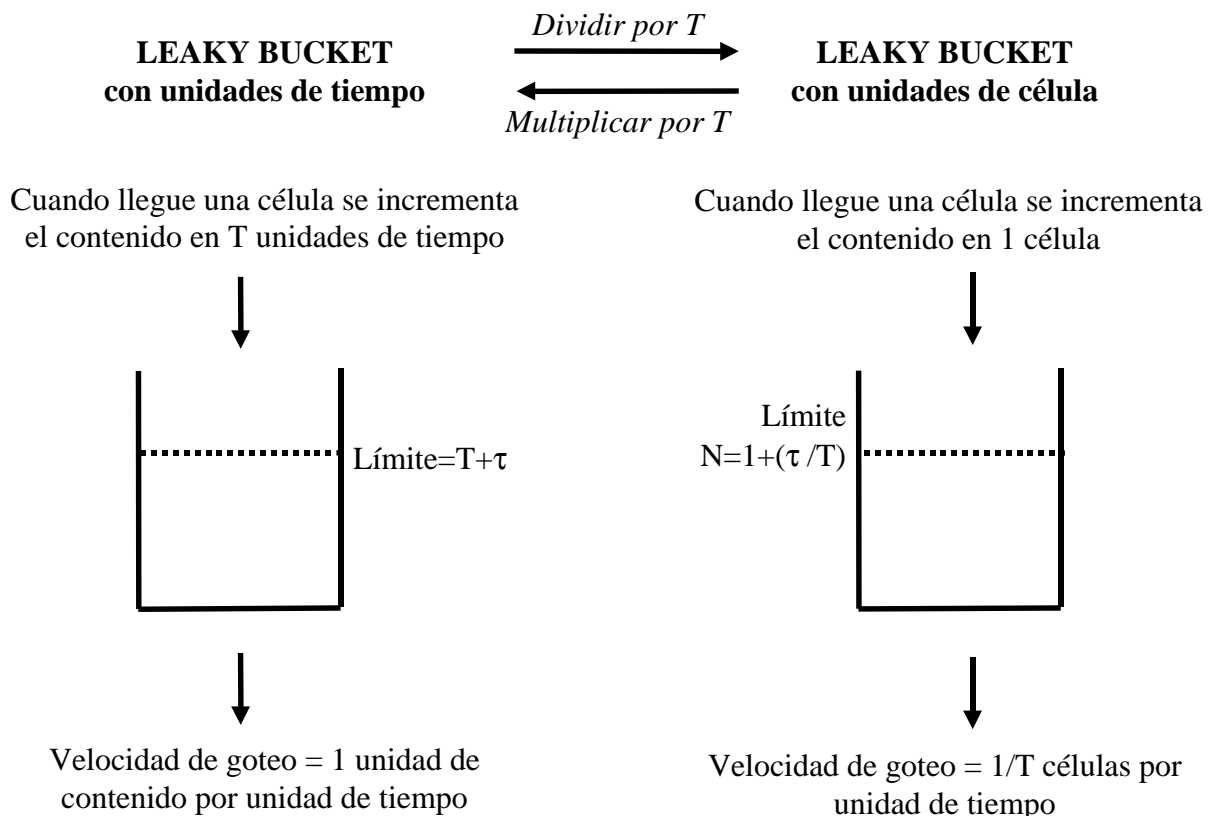


Figura 7.11. CSLBA en unidades de tiempo (izqda.) o en células (dcha.). Se pasa de uno a otro normalizando por T .

Para el cubo en unidades de tiempo, cuando llega una célula se ha de ver si el límite se ha sobrepasado. Para ello, se incrementa el contenido del cubo en T unidades, se calcula lo que se ha goteado desde que llegó la última célula conforme (multiplicando la velocidad de goteo “1” por el tiempo que ha pasado desde ese instante) y se restan ambas cantidades. Si el resultado es mayor que el límite $T + \tau$, la célula no es conforme y no se tiene en cuenta para el valor del contenido la suma de T unidades que se hizo al principio; en caso contrario, la célula es conforme.

Igualmente, para el cubo en unidades de célula se incrementa el contenido del cubo en 1 unidad, se calcula lo que se ha goteado desde que llegó la última célula conforme (multiplicando la velocidad de goteo “1/T” por el tiempo que ha pasado desde ese instante) y se restan ambas cantidades. Si el resultado es mayor que el límite $1 + \tau/T$, la célula no es conforme y no se tiene en cuenta para el valor del contenido la suma de 1 unidad que se hizo al principio; en caso contrario, la célula es conforme.

En la figura de la página siguiente se esquematiza un ejemplo de funcionamiento del algoritmo en las mismas condiciones que el presentado para el VSA anteriormente: $PCR = 50$ kcélulas/seg = 2650 kbytes/seg = 21200 kbit/s y una tolerancia $\tau = 50$ microsegundos. En ella se representa una tabla con los valores de los parámetros identificados arriba (notar que sólo se incluye el cálculo del cubo en unidades de célula), un esquema de llegadas de las células correspondientes a esa tabla (incluyendo el estado del cubo de las células 0 a 7) y otro esquema correspondiente a un patrón de células distribuido uniformemente con intervalo T.

Por último, destacar que para calcular rápidamente la primera célula que no es conforme, de acuerdo al primer algoritmo, se debe hacer: $(n-1) \cdot T - (t_n - t_0) < \tau$. En el ejemplo siguiente, notando que se numera como 0 la primera célula y $t_0 = 0$: para la célula 4 tenemos que $4 \cdot 20 - 35 = 45 < 50$ luego es conforme, pero para la célula 5 tenemos $5 \cdot 20 - 40 = 60 > 50$ luego no es conforme.

k	ta(k)	LCT	X	X'	N	Conforme
0	0	0	0	0	0	Sí
1	20	0	20	0	1	Sí
2	25	20	35	15	1.75	Sí
3	30	25	50	30	2.5	Sí
4	35	30	65	45	3.25	Sí
5	40	35	65 (80)	60	3 (4)	No
6	45	35	65 (75)	55	2.75 (3.75)	No
7	50	35	70	50	3.5	Sí
8	55	50	70 (85)	65	3.25 (4.25)	No
9	80	50	65	45	3	Sí
10	100	80	65	45	3	Sí
11	165	100	20	0	0.75	Sí
12	170	165	35	15	1.5	Sí

Entre paréntesis el valor que hace que no sea conforme

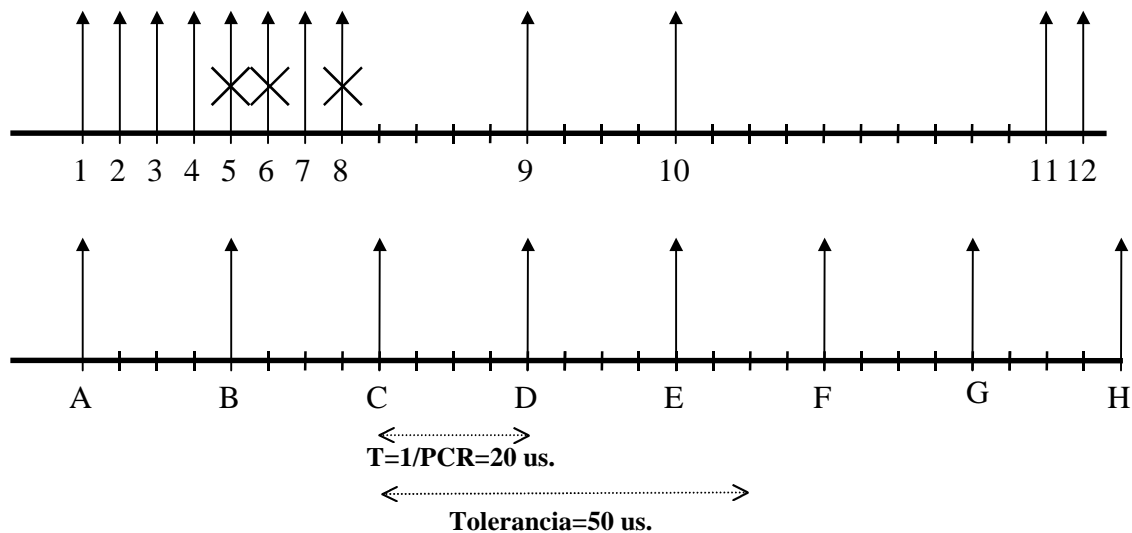
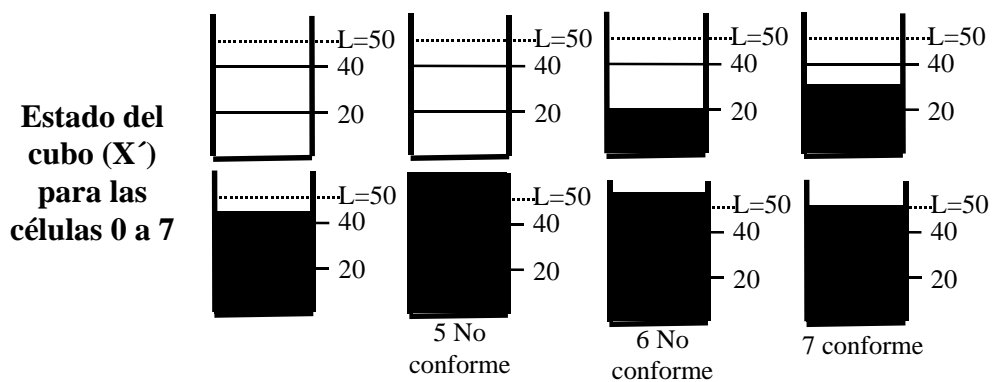


Figura 7.12. Ejemplo de ejecución del CSLBA ($T=20\text{ us.}$, $\tau=50\text{ us.}$).

Resumen

La calidad de servicio representa el grado de satisfacción que ofrece el servicio a sus usuarios, en lo relativo a calidad de procesamiento de la conexión, calidad de servicios no orientados a conexión y, principalmente, calidad de transferencia de información ATM.

La QoS-ATM viene dada por 6 parámetros: CER, CLR, CMR, SECBR, CTD y CDV. El conjunto de valores predeterminados de CLR, CTD y CDV da lugar a 5 clases de QoS: restrictiva, tolerante, binivel, no acotada y vía satélite.

El Contrato de Tráfico entre el usuario y la red define las características de cada conexión ATM por medio de:

- Descriptor de tráfico de la conexión*
- CDV permitida en el UNI/NNI*
- Definición de cumplimiento de características de la conexión*
- Selección y caracterización de la clase de QoS requerida*

El grado de distorsión del tiempo entre llegadas es lo que se denomina CDVT, debida a la existencia de un determinado grado de aleatoriedad en las características de tráfico definido por la fuente.

Se han normalizado dos conjuntos de parámetros de tráfico: PCR y SCR/IBT adecuados para las ATC previstas. Estos parámetros se pueden aplicar a flujos de células diferenciados:

- flujo de datos con CLP=0 (alta prioridad) exclusivamente*
- flujo de datos con CLP=0+1, i.e. todas la células de datos de usuario*
- flujo de OAM extremo a extremo*
- flujo de gestión de recursos (RM)*

La combinación de un subconjunto específico de parámetros de tráfico y sus valores correspondientes junto con las funciones apropiadas para llevar a cabo su control constituyen las capacidades de transferencia ATM (ATC). Solamente el estado de DBR y SCR se encuentra normalizado de una forma estable, estando el resto (ABT, ABR y UBR) en fase de estudio.

El estado de congestión se define como el estado de los elementos de red en el que no es posible cumplir los objetivos de prestaciones negociados entre el usuario y la red para las conexiones establecidas y/o para las nuevas peticiones.

Las funciones y procedimientos de control de tráfico (TC, Traffic Control) tienen como objetivo evitar que se produzca el estado de congestión en la red. Las funciones de control de tráfico analizadas han sido:

- *Gestión de Recursos de Red (NRM, Network Resource Management)*
- *Control de Admisión de Conexión (CAC, Connection Admission Control)*
- *Control de Parámetros de Uso y de Red (UPC/NPC, Usage/Network Parameter Control)*
- *Control de Prioridad (PC, Priority Control)*
- *Modelado de Tráfico (TS, Traffic Shaping)*
- *Gestión Rápida de Recursos (FRM, Fast Resource Management)*

Los procedimientos de control de congestión tienen como objetivo minimizar la intensidad, propagación y duración del estado de congestión en la red, iniciándose una vez que exista congestión en uno o más elementos de red. Las funciones de control de congestión analizadas han sido:

- *Descarte Selectivo de Células (SCD, Selective Cell Discard)*
- *Indicación Explícita hacia delante de Congestión (EFCD, Explicit Forward Congestion Indication)*

Se han definido dos algoritmos equivalentes, basados en el parámetro PCR, para discernir si un flujo de células resulta conforme o no con respecto a sus características declaradas: virtual scheduling y leaky bucket algorithm.

7.5. EJERCICIOS DE COMPROBACIÓN.

1.- ¿Cuál es la diferencia entre SBR1 y SBR2?

- a) SBR1 no define PCR para CLP=1 y SBR2 sí
- b) SBR2 no define SCR para CLP=0 y SBR1 sí
- c) SBR1 no permite tagging y SBR2 sí
- d) SBR1 no discrimina en base a CLP y SBR2 sí

2.- ABT utiliza para hacer un mecanismo de control preventivo:

- a) Señalización RM especial
- b) Procedimientos de gestión de recursos vía RM cells
- c) Feedback ad-hoc vía células ATM del plano de control
- d) Ninguna de las anteriores

3.- El parámetro necesario siempre en una ATC es:

- a) DBR
- b) CBR
- c) PCR
- d) SCR

4.- CAC es importante porque:

- a) Permite hacer filtrado (screening) de las conexiones establecidas
- b) Permite hacer la función policía (policing)
- c) Permite determinar si la conexión puede aceptarse
- d) Permite descartar células de un usuario que está transmitiendo a PCR mayor que la capacidad del enlace

5.- QoS2 es adecuada para:

- a) Tráficos DBR, SBR, UBR y PCR
- b) Tráficos de clase de PCR1 y SBR1, 2 y 3.

- c) Tráficos de clase de servicio C o D
- d) Tráficos de clase de AAL C o D

6.- CDV forma parte del contrato de tráfico y CDVT forma parte del CTD y por tanto también del contrato:

- a) Verdadero
- b) Falso

7.- Para calcular CER, hay que computar:

- a) Las células que se computan como CMR
- b) Las células que se computan como CLR
- c) Las células que se computan como SECBR
- d) Ninguna de las anteriores, todo cuenta para calcular CER

8.- El tráfico utilizable por ABR teóricamente es:

- a) Capacidad del enlace - PCR's utilizados
- b) Capacidad del enlace
- c) Capacidad del enlace - (Capacidad reservada - Capacidad utilizada)
- d) Capacidad del enlace - Capacidad utilizada

9.- Para una conexión con PCR=0.5, SCR=0.25, $\tau=1$ e IBT=12, de ATC DBR con QoS1:

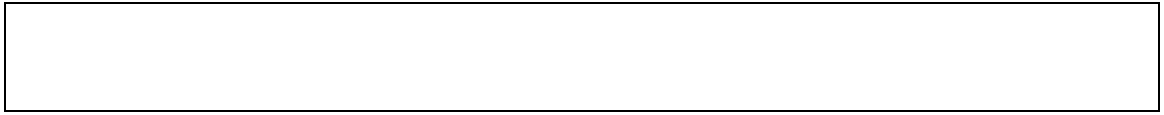
- a) El tamaño límite del leaky bucket es 3
- b) El tamaño límite del leaky bucket es 1.5
- c) Ninguno de los dos
- d) Ambos pueden ser tamaño límite

10.- El descarte selectivo de células se hace solamente en base a bit CLP igual a:

- a) 0
- b) 1
- c) No depende del bit CLP
- d) No sólo se hace en base a CLP

SOLUCIONARIO

1d, 2b, 3c, 4c, 5c, 6a, 7c, 8d, 9d, 10d



TEMA 8

RED COMERCIAL ATM

INTRODUCCIÓN

El objetivo de este tema es realizar una descripción de la Red Comercial ATM que se está implantando en Telefónica.

Se mencionarán algunos antecedentes de experiencias tecnológicas y de redes en el campo de la banda ancha, con los fines que se perseguían. Especialmente se expondrá la Red Piloto ATM que se puso en marcha en Telefónica durante los años 94 y 95.

Finalmente se mostrará la estructura de Red Comercial ATM en Telefónica, realizando una breve descripción de los Nodos de Acceso y del Nodo de Tránsito. Se expondrán las principales características de Servicio GIGACOM, que es el que se está comercializando actualmente, y se mencionarán las previsiones que existan en cuanto a nuevos servicios.

ESQUEMA DE CONTENIDO

8.1.- ANTECEDENTES HISTÓRICOS

8.1.1.- Proyecto ISABEL

8.1.2.- Programa RACE

8.1.3.- Programa BIPED

8.1.4.- Proyecto RECIBA

8.2.- RED PILOTO EUROPEA BASADA EN ATM

8.3.- RED COMERCIAL ATM DE TELEFÓNICA

8.4.- NODO DE TRÁNSITO AXC-2000

8.4.1.- Nodo de servicio SN

8.4.2.- Módulo de gestión SMM

8.5.- DESCRIPCIÓN GENERAL DEL NODO DE ACCESO APEX-NPX

8.5.1.- Descripción básica

8.5.2.- Descripción del hardware

8.5.3.- Arquitectura del software

8.6.- SERVICIO GIGACOM

8.6.1.- Sistema de gestión y explotación de GIGACOM

8.7.- EJERCICIOS DE COMPROBACION

8.1. ANTECEDENTES HISTÓRICOS.

A primeros de los años noventa se empezaron a plantear a nivel europeo una serie de experiencias, tecnológicas y de red, que permitieran definir las estrategias para el desarrollo y la implementación (prueba de equipos existentes, normalización, compatibilidad, evolución, etc.) de la Banda Ancha basada en el ATM, cuya tecnología deberá permitir a medio plazo transmitir toda clase de información (voz, vídeo, datos), combinando la gran capacidad que se ofrece con la total flexibilidad.

8.1.1. Proyecto Isabel.

Una de las primeras experiencias fue el Proyecto Isabel, un demostrador multimedia para SUN, con interfaces ATM, LAN Ethernet o FDDI. Se realizó en el 93 utilizando videocodecs y videocámaras para transmitir imagen real llegando a los 6 Mbit/s. Las ciudades interconectadas fueron: Madrid, Dublín, Bruselas, Aveiro (Portugal) y Basel (Suiza).

8.1.2. Programa RACE.

El programa RACE (*Research in Advanced Communications in Europe*) ha sido un programa patrocinado por la Comunidad Europea y creado con el principal objetivo de introducir las comunicaciones en Banda Ancha, considerando la evolución de la RDSI y las estrategias de introducción en cada uno de los países, con el fin de conseguir un marco común en el campo de las comunicaciones en la Comunidad Europea con el horizonte de 1995.

Para la consecución de los objetivos marcados se marcaron tres fases:

- Fase I (1989-1992)
 - Especificaciones funcionales.
 - Requerimientos e investigación de nuevas tecnologías.
 - Aplicaciones Piloto.
- Fase II (1992-1994)
 - Aplicaciones reales.
- Fase III (1995)

- Desarrollo de aplicaciones experimentales y herramientas de prueba para validación de los sistemas desarrollados en la Fase II.

8.1.3. Proyecto BIPED.

Dentro del marco del programa RACE, **el Proyecto BIPED es un Demostrador de Banda Ancha** (*Broadband Interconnection Pan-European Demonstrator*) que se encuadra en la tercera parte de la fase I con un claro enfoque hacia la Fase II.

Como objetivos BIPED estaban:

- Integración de otros proyectos RACE.
- Crear un sistema integrado de comunicaciones.
- Verificación y evaluación de modos de transferencia (ATM, STM).
- Medida de parámetros de red.
- Cualificación de servicios.

El conjunto de equipos elegidos, que integrados hicieron BIPED, constituyó el primer prototipo de lo que será una red completa de Banda Ancha (Terminales, PABX, transmisión sobre fibra óptica y Central Local con conmutador de células ATM).

El proyecto se inició a finales del 89 y terminó en el 95. Los socios del proyecto fueron: ERICSSON TELECOM (socio principal y responsable), ELLEMTEL y TELEVERKET (Suecia), TELENORMA Y AEG (Alemania), ERICSSON FATME (Italia), MET y SAT (Francia), NKT (Dinamarca) y ALCATEL y ERICSSON (España).

8.1.4. Proyecto RECIBA.

El Proyecto RECIBA (Red Experimental de Comunicaciones Integradas de Banda Ancha) fue desarrollado por Telefónica Investigación y Desarrollo por encargo de Telefónica.

Los objetivos fueron los siguientes:

- Crear una Red Integrada de Comunicaciones:
 - Elementos de Red.
 - Terminales (usuario, explotación).

- Centros Proveedores de servicio.
- Plataforma para la demostración de servicios:
 - Videotelefonía (vídeo 2Mbit/s/Audio 64 Kbit/s).
 - Videomensajería (vídeo 2Mbit/s/Audio 64 Kbit/s).
 - Videotex (128 Kbit/s U-R/40 Mbit/s R-U).
 - Distribución TV (128 Kbit/s U-R/40 Mbit/s R-U).
 - Televideoteca (128 Kbit/s U-R/40 Mbit/s R-U).
 - Transferencia rápida de datos (2 Mbit/s, y Frame Relay en Fase II).
 - Emulación de circuitos (2 Mbit/s).
 - Cabletexto (facilidad asociada a distribución de TV).
 - Conferencia multimedia (en Fase II).
 - Servicios Suplementarios.
- Basada en Normativa Internacional.
- Tecnologías a utilizar:
 - Modo de Transferencia Asíncrono (ATM).
 - Interfaces : JDS 155 Mbit/s (622 Mbit/s en Fase II), JDP 2 Mbit/s (34 y 140 Mbit/s en Fase II).
 - Medio de Transmisión: Fibra Optica Monomodo.
 - Microelectrónica : Conmutación ATM, Videocodificadores, Audiocodificadores.

La disponibilidad de la Fase I fue en 1992 (la Fase II en 1993-1995), siendo la estructura de red la ilustrada en la figura 8.1.

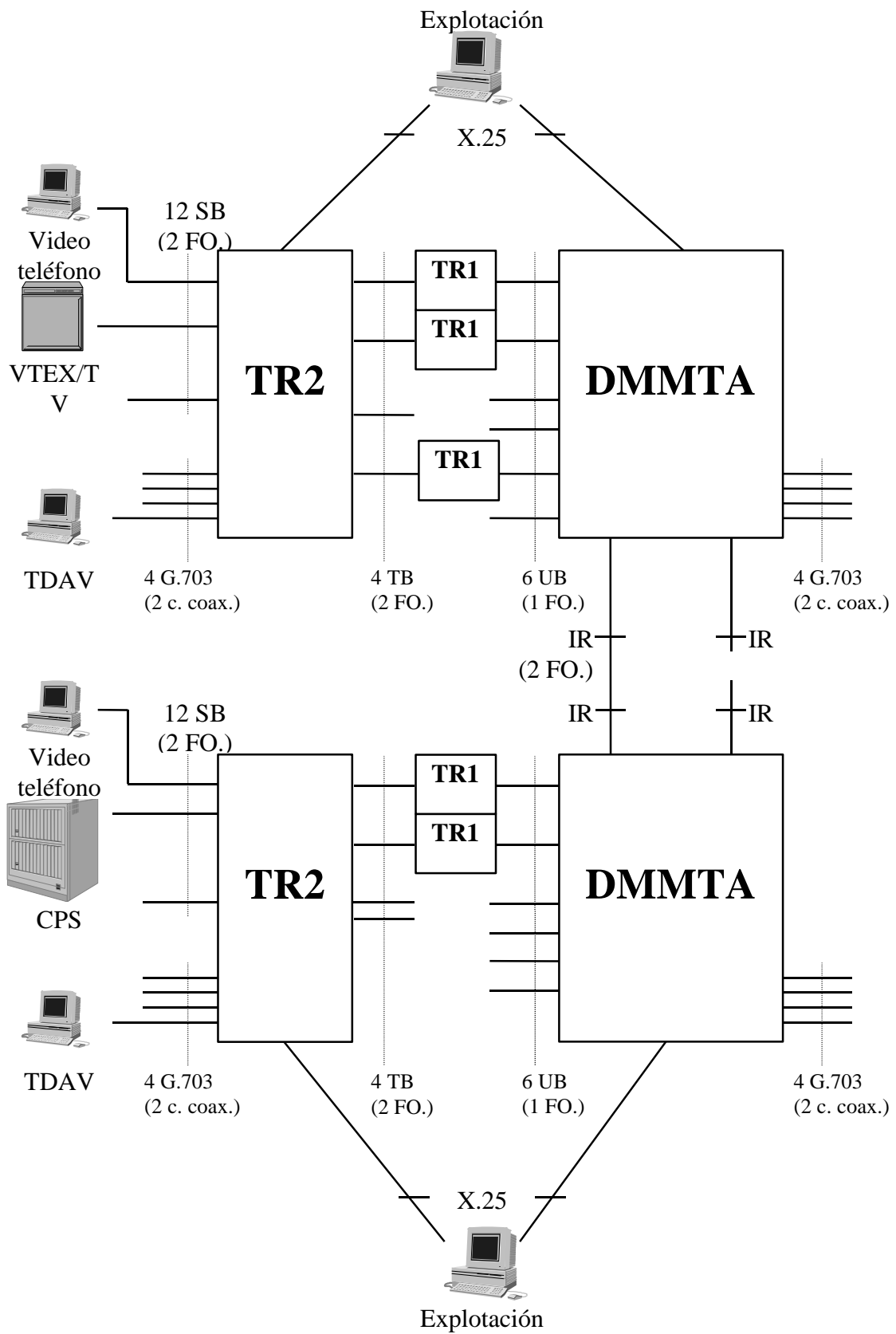


Figura 8.1. Estructura de RECIBA (1992)

8.2. RED PILOTO EUROPEA BASADA EN ATM.

La Red Piloto Europea basada en ATM tiene sus orígenes en las directrices del Grupo de los Cinco “5 CEO” (BT (Gran Bretaña), DBP TELEKOM (Alemania), STET e IRITEL (Italia), Telefónica (España), FRANCE TELECOM (Francia) respecto a la prioridad de la implementación del ATM y a la propuesta de un primer proyecto.

Para ello se creó el Grupo 5/ATM (París 13-02-92), a partir del Grupo 5/SDH/ATM, cuyo objetivo era el estudio de la factibilidad de este proyecto. La aprobación de la propuesta por parte de los 5 CEO se hizo en Sevilla (2-10-92). La firma del MoU (*Memorandum of Understanding*) junto con el Acuerdo de Confidencialidad y la Nota de Compromiso fue firmada en fecha de 12-11-92.

- Los **objetivos del Piloto** fueron los siguientes:
 - Verificar que, con la normativa internacional existente, se podía conseguir la interoperabilidad en un entorno multioperador y multivendedor.
 - Demostrar los beneficios que ofrece la tecnología ATM como infraestructura para servicios de B.A.
 - Experimentar aplicaciones conjuntamente con usuarios piloto, e investigar el futuro potencial del mercado de los servicios de Banda Ancha.
 - Contribuir a la introducción armonizada de la infraestructura de Banda Ancha en Europa de acuerdo con la política de la Comunidad Europea sobre Redes de Telecomunicación Pan-Europeas.
- El **cronograma de actividades** para la implantación del piloto se muestra en la figura 8.2.

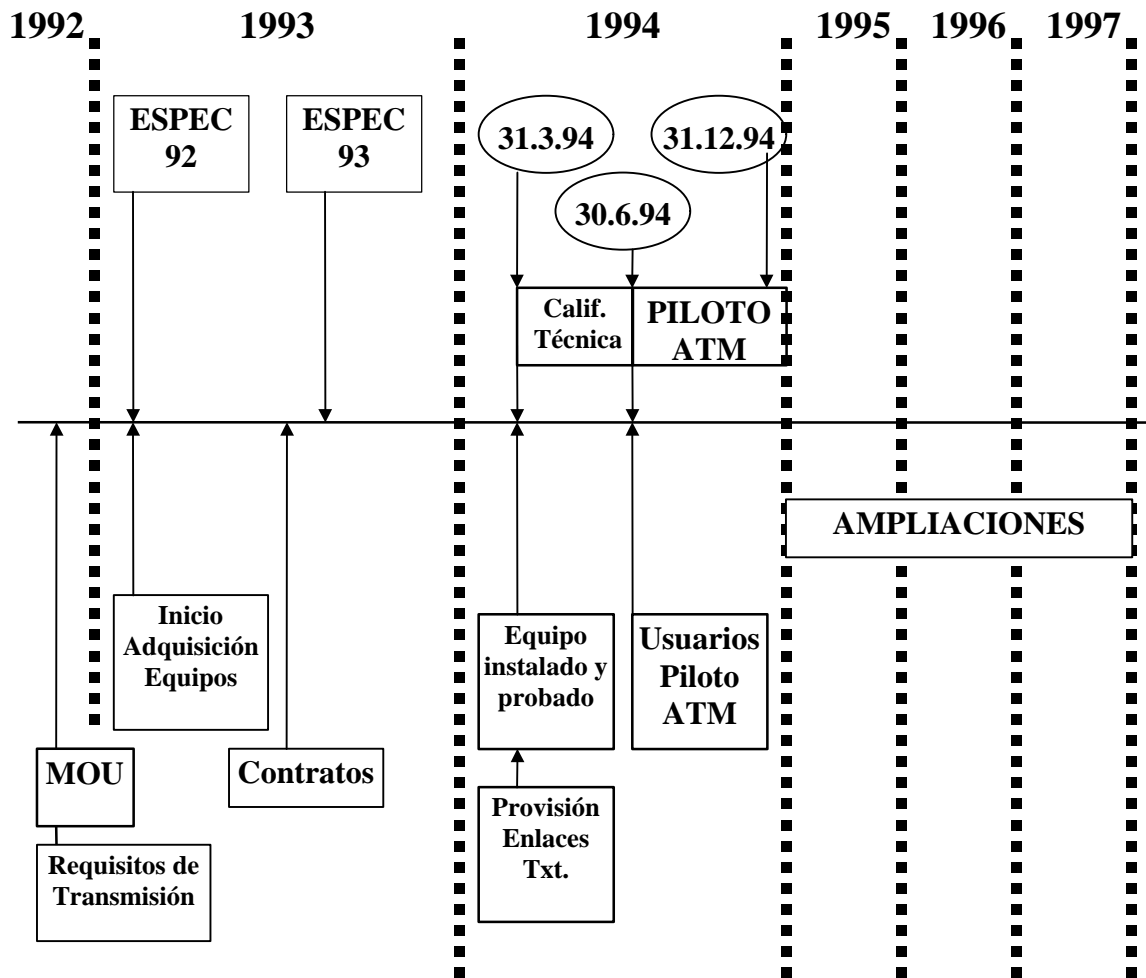


Figura 8.2 Cronograma de implantación del Piloto Europeo ATM.

- Estructura de Red Piloto:** A los cinco operadores iniciales se adhirieron doce más y se diseñó una Estructura de Red Piloto inicial con una configuración física que se muestra en la figura 8.3. Entre nodos de Red Pública (interfaz NNI) la conexión se constituye fundamentalmente mediante JDP a 34 Mbit/s sobre sistemas plesiócronicos de mayor capacidad y soportados por cable óptico, aunque existe algún enlace JDS y un enlace vía satélite con el fin de comprobar la conveniencia de utilizar este tipo de soporte de transmisión.

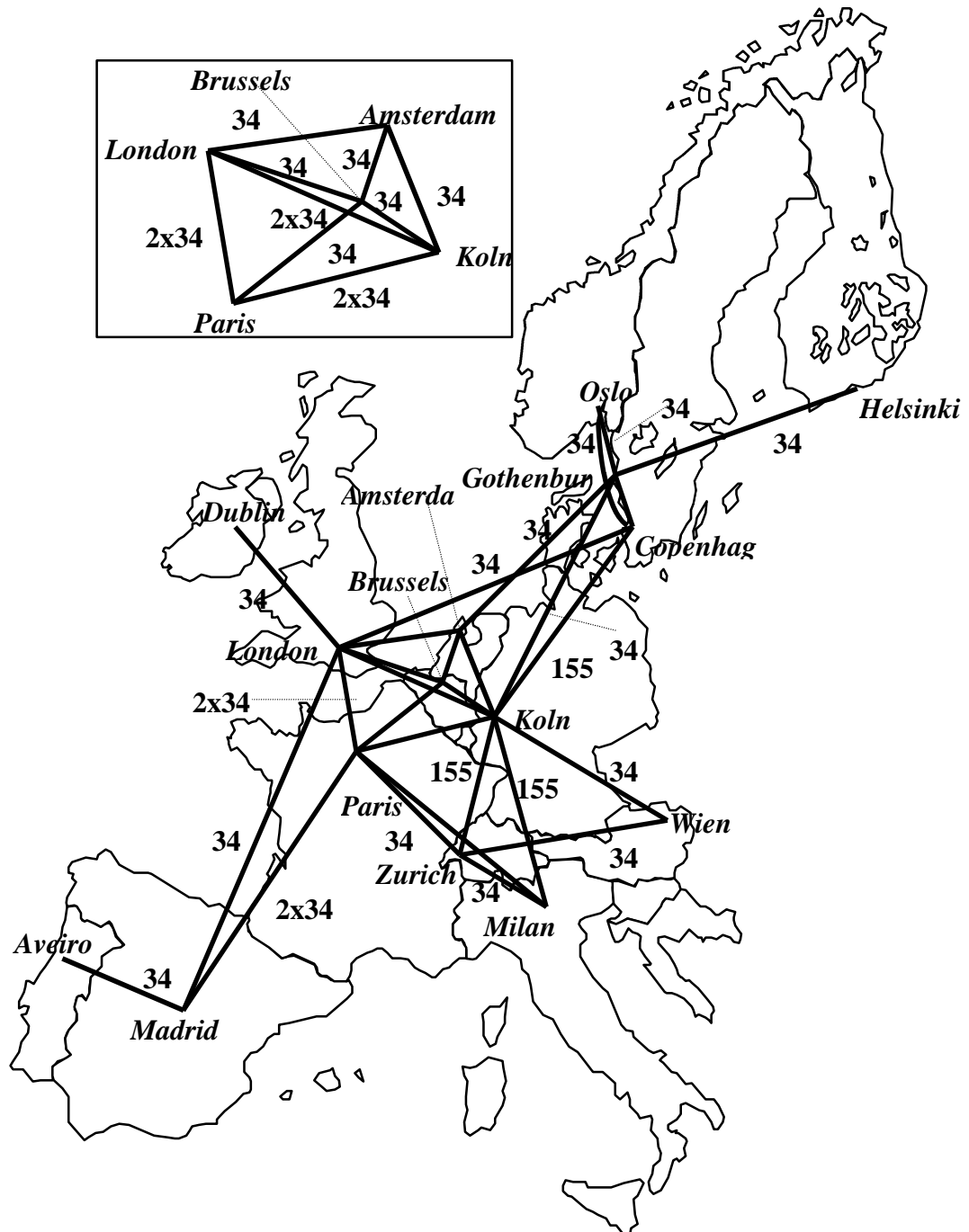


Figura 8.3. Estructura de Red Piloto ATM.

- **Servicios en la Red Piloto:**
 - Servicio Básico a garantizar:
Servicio Portador de Trayectos Virtuales.
 - Evaluación de “Servicios Piloto” (por acuerdos bilaterales o multilaterales).
Frame Relay.
CBDS/SMDS.
Emulación de circuitos.
 - Realización de primeras experiencias (entre laboratorios I+D de los signatarios).
Comunicaciones multimedia.
Soporte en ATM de comunicaciones VBR.
Asignación dinámica del ancho de Banda.
- **Especificaciones:** La normativa que se ha seguido está basada en los estándares del ETSI, recomendaciones de la UIT-T y las especificaciones del EUROESCOM (Proyecto P105: estudios sobre el ATM)
- **Usuarios:** Se han tomado como usuarios piloto a entidades de los siguientes entornos:
 - Redes Académicas (SUPERJANET, RENATER, REDIRIS, DFN, SURFNET, ETC.)
 - Programas/proyectos comunitarios de Banda Ancha (RACE, ESPRIT, TEN-IBC) en los que participan Universidades, laboratorios de I+D de Operadores, etc.
 - Empresas: (En España: SEAT, ALCATEL, CASA, Clínica Puerta de Hierro, Instituto Cerda, etc.).
- La prueba piloto **no incluía señalización** en los equipos. Se dispone de Distribuidores-Multiplexores (Cross-Connect) donde se realizan las conexiones de VP/VC desde el plano de gestión (a diferencia de los anteriores los Conmutadores ATM establecen las conexiones desde el plano de control: señalización).
- **Pruebas:** Para comprobar el cumplimiento de los diferentes equipos con la normativa especificada, así como para probar el interfuncionamiento entre ellos, se definieron una serie de tests de Validación/Compatibilidad cuyo grado de cumplimiento por parte de los distintos elementos de red ha servido para la selección de los equipos para la implantación de las redes comerciales.
- **Red Piloto de Telefónica:** Telefónica, como signatario del MoU, se comprometió a cumplir el calendario de la red piloto europea. Para ello se realizaron las siguientes actividades:
 - Mayo-Octubre 1992: Participación en la elaboración del Estudio de Factibilidad.
 - Octubre92 - Enero 93: Participación en elaboración de especificaciones nodo internacional y definición de las de los nodos de nacional.

- Febrero 93-Junio 93: Petición ofertas a los suministradores y evaluación de las mismas.
 - Mayo-Diciembre 93: Identificación y selección de los potenciales usuarios piloto.
 - Julio 93: Notificación a los suministradores seleccionados:
 - Nodo Internacional: Cross-Connect A-1000 de ALCATEL.
 - Nodos Nacionales: Cross-Connect AXC-200 de AT&T y Cross_Connect EABR 1.0 de ERICSSON.
 - Junio 93-Enero 94: Definición de Pruebas a realizar (en nodo intal, nodos nacionales, y extremo a extremo incluyendo equipamiento de usuarios).
 - Septiembre 93: Definición de la arquitectura de red del segmento de Telefónica en el piloto ATM europeo (se verá con más detalle posteriormente).
 - Enero 1994: Comienzo instalación del nodo internacional y de los nodos nacionales (Nodo A-1000 entregado 15-5-94, Nodo AXC-2000 entregado 11-4-94, Nodo EBR 1.0 entregado 21-11-94).
 - Marzo 1994 : realización de las pruebas de aceptación del nodo internacional y de los nodos nacionales (realizadas las de los nodos A-1000 y AXC-2000 , y las correspondientes de interoperabilidad en Mayo 94).
 - Abril 1994: Conexión del nodo de internacional a los nodos de Telecom Portugal, BT y FT para iniciar las pruebas de interoperabilidad en la red piloto europea (realizadas entre junio y julio).
 - Junio 1994 : Conexión de los usuarios piloto y pruebas extremo a extremo (en Julio 94 se conectaron Telefónica I+ D y la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación).
- **Arquitectura de Red de Telefónica para la Red Piloto:** En Telefónica se montó una Red Piloto cuya estructura se refleja en la figura 8.4. Esta red estaba constituida por un nodo internacional y, para facilitar el acceso de los usuarios piloto a la red y a los servicios por ella prestados, dos nodos nacionales y dos unidades remotas.
 - Nodo internacional: Madrid Alcobendas, Equipo Cross-Connect A-1000 de ALCATEL.
 - Nodos Nacionales: Madrid/Norte, equipo Cross-Connect AXC-200 de AT&T y Madrid/Albeniz, equipo Cross_Connect EABR 1.0 de ERICSSON.
 - Unidades Remotas: Barcelona/Corts, equipo de ALCATEL y Barcelona/Estel, equipo de ERICSSON.
 - Además se instalaron distintos equipos de usuario, como se observa en la figura 8.5, para completar el escenario y realizar las pruebas establecidas.

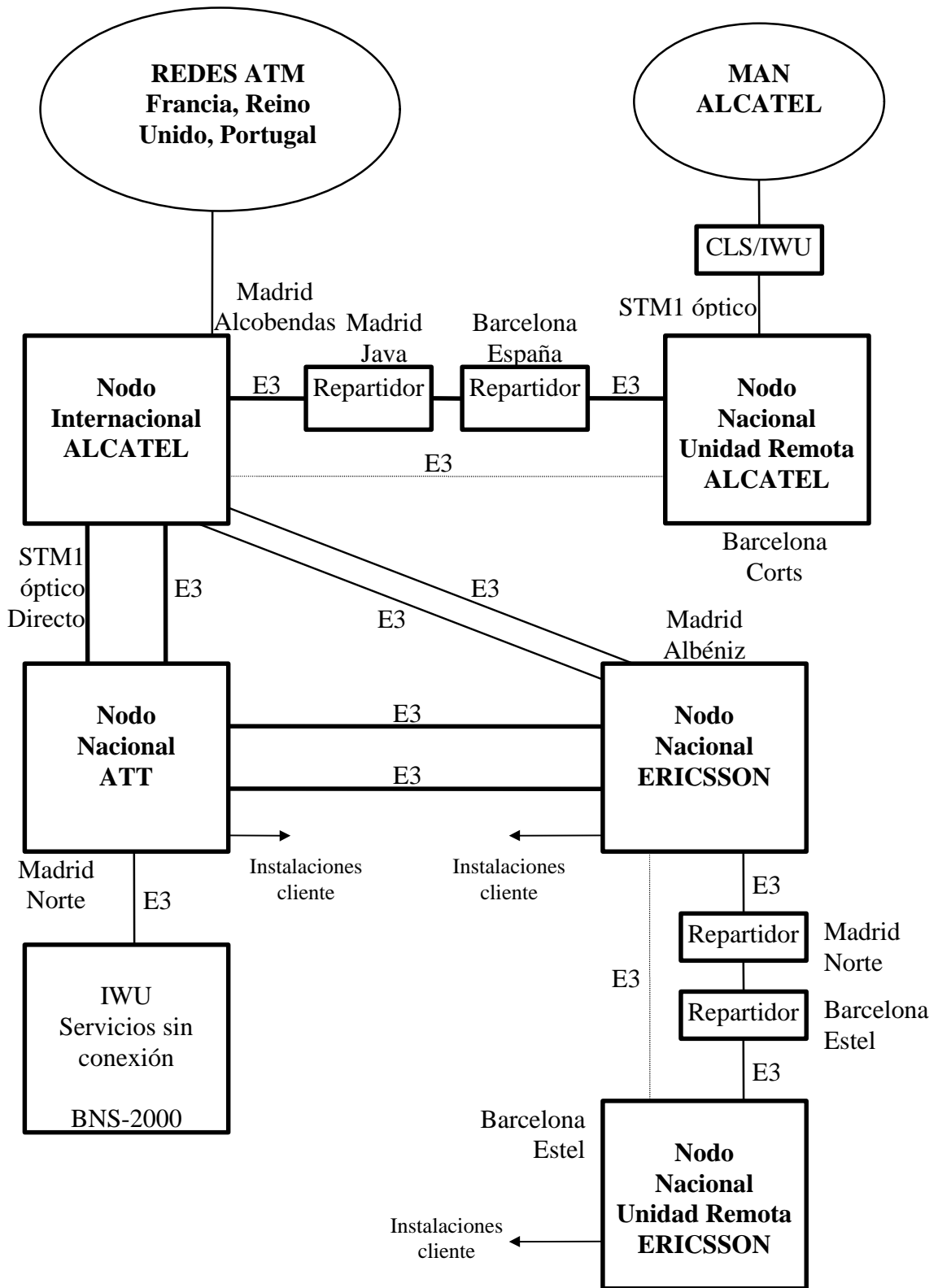


Figura 8.4. Estructura de Red Piloto de Telefónica.

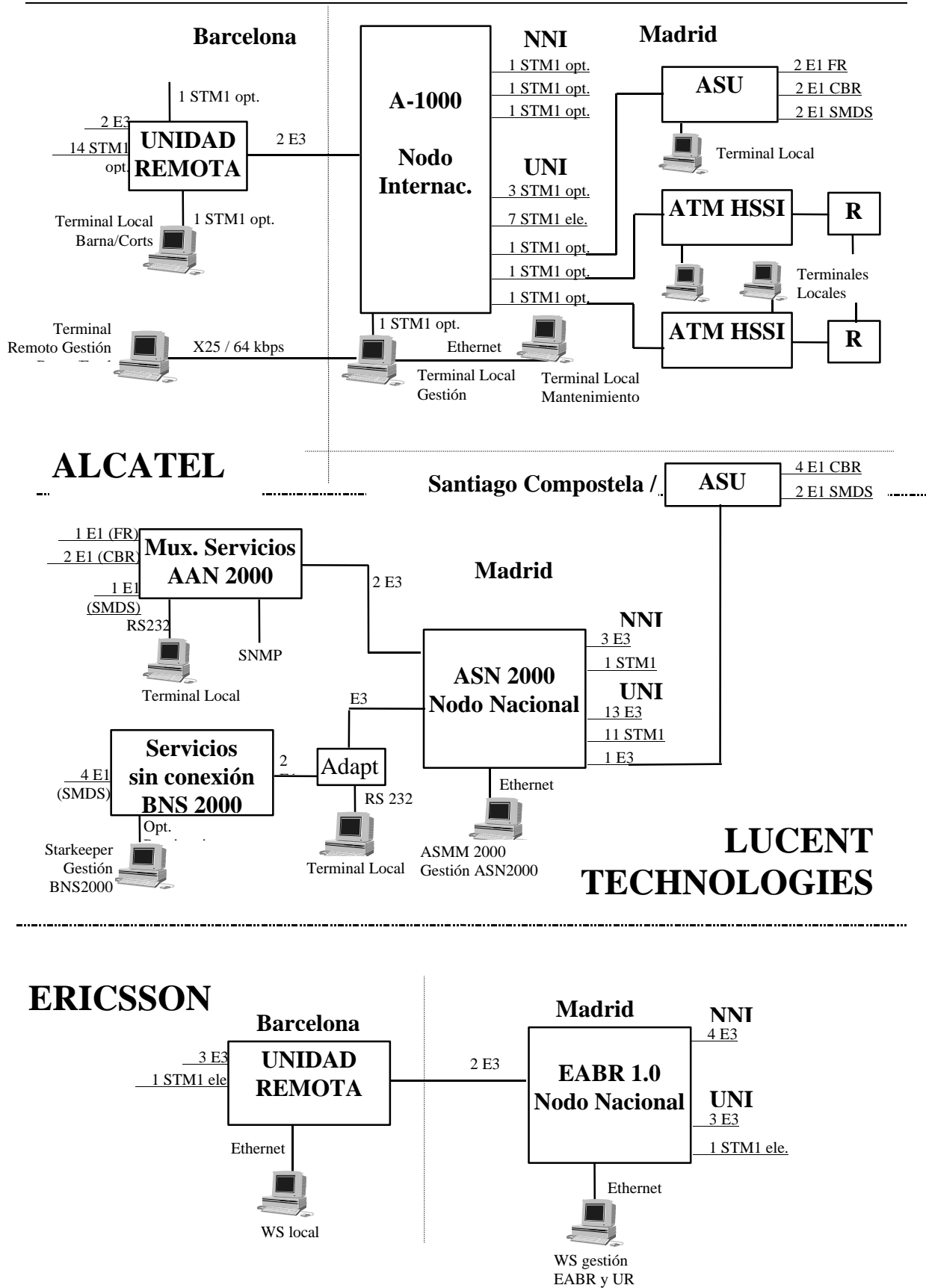


Figura 8.5. Equipamiento de Red piloto de Telefónica.

8.3. RED COMERCIAL ATM DE TELEFONICA.

En base a las experiencias realizadas durante la red piloto, y de acuerdo con las necesidades expresadas por los departamentos responsables de definir los servicios, se requería contar para el año 1996 con una red con servicios ATM a nivel comercial, con los requerimientos de calidad que la prestación de un servicio comercial presupone.

En esta primera fase no puede hablarse de RDSI-BA, puesto que tanto las funcionalidades de los equipos existentes como la que los clientes pueden exigir son restringidas (no existe señalización).

En la definición de la estructura de la red ATM, se tuvieron en cuenta las siguientes hipótesis de partida:

- Crear una red cuyo coste inicial no sea elevado, toda vez que su rentabilidad inicial no está asegurada.
- La implantación inicial de red y equipos no debe condicionar el posterior despliegue de la RDSI-BA.
- La tecnología disponible en el momento.

Con estas bases se definió una red ATM con dos niveles:

- **Nivel de Acceso:** Nodos definidos para la conexión de usuarios (interconexión de usuarios dentro de su área de cobertura y conexión con otros a través del nodo de tránsito), son de pequeña capacidad, o lo que es igual, bajo número de accesos y bajo coste, fácilmente reubicables y en principio no evolucionables hacia grandes nodos de acceso ni a incorporar señalización.
- **Nivel de Tránsito:** Nodos cuya función es la de conexión de nodos de acceso, en principio no de abonados, son de mediana/gran capacidad, con el objetivo de que puedan asumir incrementos fuertes de demanda, así como proporcionar una elevada disponibilidad y estabilidad a la red; inicialmente conectarán trayectos virtuales y deberán ser evolucionables para, con posterioridad, posibilitar la conmutación de circuitos virtuales (señalización).
- Además existe el **Nodo de Internacional**.

La topología de red es en estrella para el año 1996 y en doble estrella para el año 1997, tal y como se reflejan en las figuras 8.6 y 8.7 respectivamente, para asegurar una alta disponibilidad en la red.

De esta forma en el año 97 se consolidará una Red constituida por dos Nodos de Tránsito ubicados en Madrid (Madrid/Java y Madrid/Norte), y 17 Nodos de Acceso (uno por Comunidad Autónoma).

En cuanto a las Interfaces que se usan, distinguiremos entre el nivel de acceso y el nivel de red:

- Nivel de Acceso:
 - Se utilizará mayoritariamente interfaces STM-1 ópticos a 155.520 Mbit/s, mediante dos fibras monomodo (se podrían utilizar fibras multimodo).
 - También se pueden utilizar interfaces E3 eléctricos a 34.386 Mbit/s, mediante un cable coaxial en cada sentido de la transmisión, cuando el equipo del cliente lo necesite o las distancias existentes lo recomienden.
- Nivel de Red:
 - Actualmente, para interconectar los Nodos de Red se utilizan mayoritariamente interfaces E3 eléctrico a 34.386 Mbit/s, mediante un cable coaxial en cada sentido de la transmisión.
 - En algunos casos (Madrid/Java Acceso-Madrid/Java y Tránsito Madrid/Java Tránsito- M/Alcobendas Internacional) se utilizan interfaces STM-1 ópticos a 155.520 Mbit/s, mediante dos fibras monomodo.
 - La tendencia actual es utilizar interfaces STM-1 eléctricos a 155.520 Mbit/s, mediante un cable coaxial en cada sentido de la transmisión.

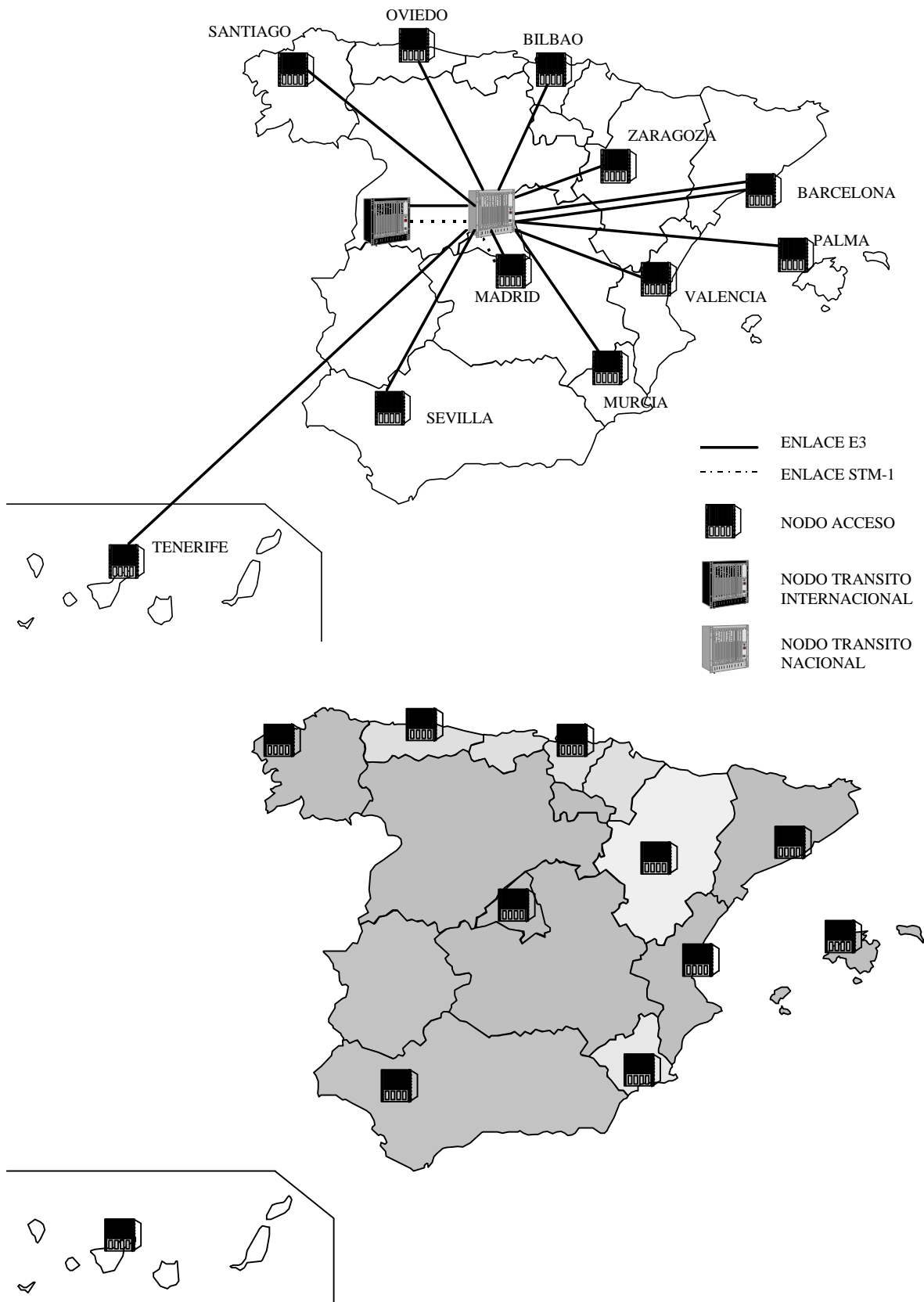


Figura 8.6 Estructura de Red ATM año 1996.

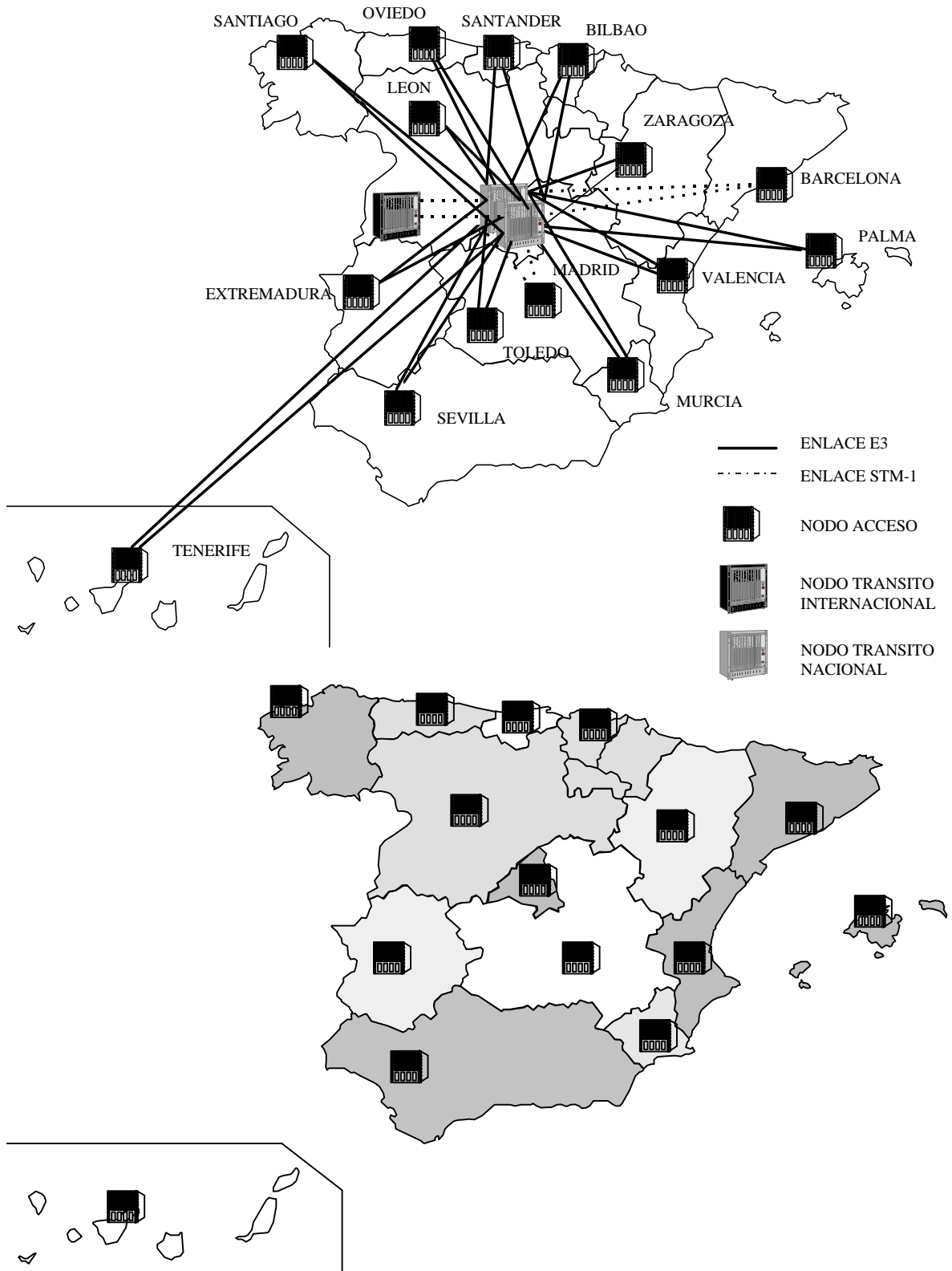


Figura 8.7. Estructura de Red ATM 1997.

Después de un proceso de selección basado en los concursos que se hicieron, uno para los nodos de acceso y otro para el nodo de tránsito, y teniendo en cuenta las experiencias tecnológicas acumuladas durante las fases de la red piloto, los equipos elegidos inicialmente para la Red Comercial, y que se describen en los apartados siguientes, fueron :

- Nodo de Tránsito AXC-2000 (Lucent Technologies).
- Nodos de Acceso APEX-NPX (General DataComm siendo el integrador Lucent Technologies)

8.4. NODO DE TRÁNSITO AXC-2000.

El nodo de tránsito AXC-2000 de la familia Gloveview-2000 de Lucent Technologies es un cross-conect ATM que proporciona servicios semipermanentes de banda ancha. Los módulos principales del sistema son:

- **Nodo de Servicio (SN, Service Node):** que realiza funciones de control, interfaz y conmutación, pudiendo cursar un tráfico de 2.4 a 20 Gbps.
- **Módulo de Gestión (SMM, Service Management Module):** que realiza funciones de gestión a nivel de nodo y de red ATM sobre una estación de trabajo.
- **Módulo de Mantenimiento (MM, Maintenance Module):** que realiza funciones de gestión del nodo desde una estación de trabajo; nótese que un SN se puede gestionar desde un MM o desde el SMM que gestione la red.
- **Módulo de Acceso (AM, Access Module):** que permite conectar servicios basados o no en ATM, proporcionando funciones de transporte, multiplexado estadístico y conmutación de células ATM y de capa de adaptación para tráfico no ATM.

En los siguientes subapartados se describen el SN y el SMM sistemas instalados en la red actual de Telefónica.

8.4.1. Nodo de Servicio SN.

El nodo de servicio es el corazón del sistema que realiza las funciones de interfaz y conmutación del tráfico de usuario, disponiendo de un interfaz para la gestión de la red. Sus características principales son:

- Matriz de conmutación de alta velocidad, que puede conmutar hasta 8 flujos de 2.4 Gbps. (un total de 20 Gbps.), con arquitectura antibloqueo.
- Buffers de tamaño adaptable dinámicamente en las etapas de conmutación y demultiplexación.
- Diseño fiable y tolerante a fallos, con componentes críticos duplicados (matriz de conmutación, unidades de control y ventilación) que trabajan en modo activo y stand-by y se conmutan automáticamente en caso de fallo, generando informes de avería.
- Soporte de interfaces DS3, E3, OC-3 (STS-3c), STM-1o y STM-1e.

La arquitectura hardware del SN está constituida por dos bastidores para la mínima configuración o hasta 5 para la máxima. Existen tres tipos diferentes de bastidores dependiendo de la configuración escogida:

- **Bastidor de Control (Control Cabinet):** que contiene los siguientes componentes de control y terminación de líneas:
 - **Procesador de control del SN (SN-CP, SN Control Processor),** que proporciona funciones de control del nodo SN.
 - **Unidad de interfaces y servicios (ISS, Interface and Services Stage unit),** que proporciona acceso a terminaciones de líneas y enlaces.
- **Bastidor de Conmutación (FC, Fabric Cabinet):** que contiene los siguientes componentes de conmutación y terminación de líneas:
 - **Unidad de conmutación (SFU, Switching Fabric Unit):** que proporciona las funciones de conmutación para el SN.
 - **Extensión de la unidad de interfaces y servicios (ISS Expansion Shelf):** que proporciona terminaciones de líneas y enlaces adicionales.
- **Bastidor de Interfaces y Servicios (ISS Cabinet),** que contiene una unidad de interfaces y servicios ISS y un estante de extensión para terminaciones de líneas adicionales; este tipo de estante será requerido sólo si las terminaciones de líneas exceden de los requerimientos de la mínima configuración.

Además, cada bastidor está equipado con una **Unidad de Interfaz de Alimentación (PIU, Power Input Unit)** que filtra y distribuye la tensión de alimentación a los módulos del bastidor, y una **Unidad de Ventilación (CU, Cooling Unit)**.

La configuración mínima del SN consta de un Control Cabinet y un FC, pudiéndose añadir hasta tres ISS Cabinets, como se muestra en la figura de la página siguiente.

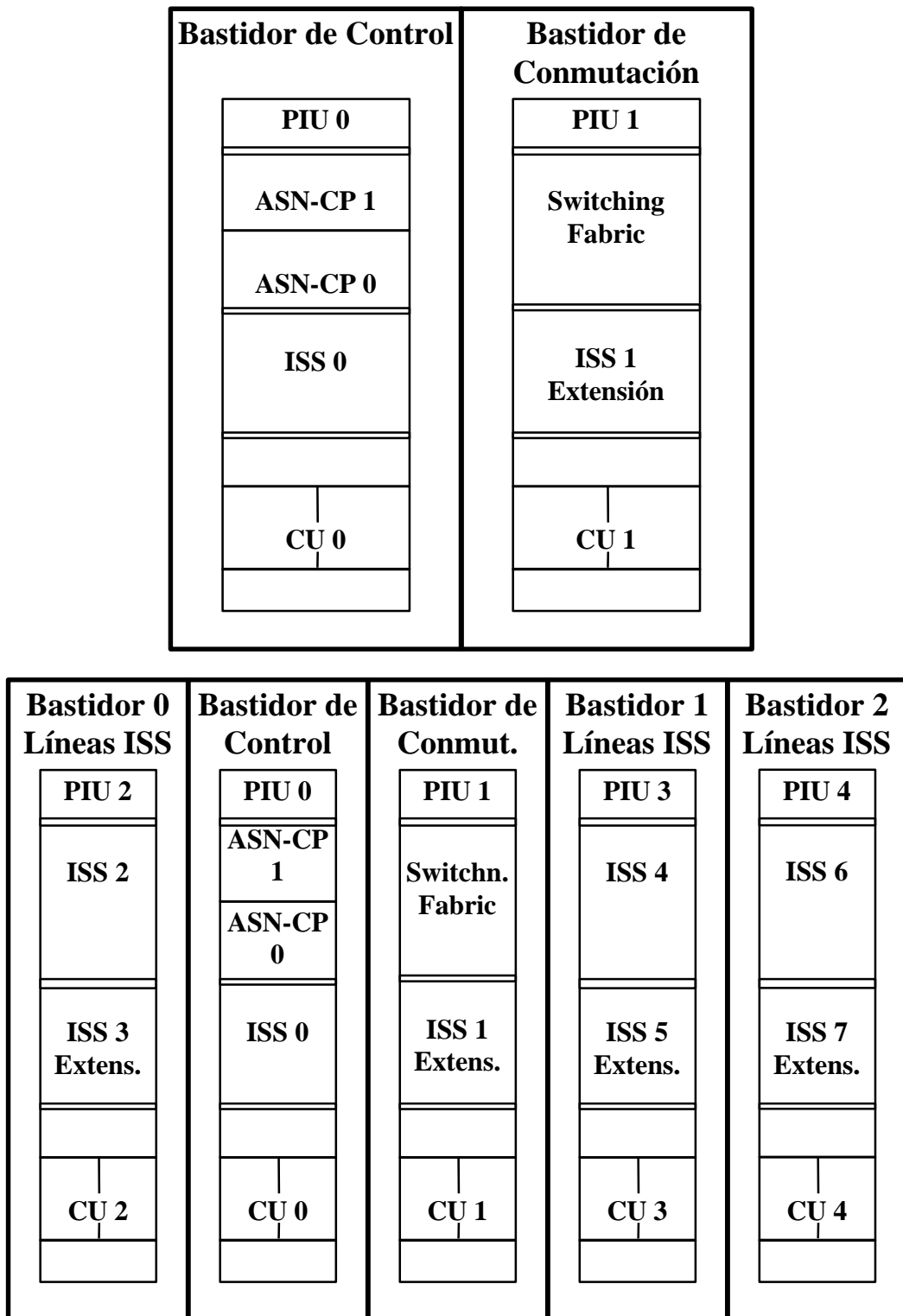


Figura 8.8. Mínima (arriba) y máxima (abajo) configuración del SN.

De lo expuesto se deduce que existen tres tipos de estantes dependiendo de su función, que se desglosan a continuación:

- **Unidades SN-CP de control del SN**, compuestas de las tarjetas:
 - **Provisión de alimentación** (PLS), que distribuye la alimentación a la unidad de control de proceso del SN, y que recibe a su vez la alimentación del PIU.
 - **Control/Display** (CD), que proporciona funciones de conmutación de alimentación y display de alarmas de la unidad, permitiendo cambiar manualmente el estado de la unidad de proceso (on/off, en servicio/fuera de servicio).
 - **Procesador principal** (Core40), con microprocesador 68040 de 32 bits de Motorola conectado a través de un bus a la tarjeta de memoria y a la tarjeta interfaz del sistema de gestión SMM.
 - **Memoria 0 y 1** (Memo 0/1), de la unidad SN-CP; se requieren al menos 2 tarjetas de memoria, con espacio para extensión a una tercera.
 - **Bus de interconexión del nodo** (BSN), que proporciona el interfaz y la interconexión entre varios buses del sistema.
 - **Interfaz con SMM** (MI), con arquitectura de control de red de tipo Ethernet a través de router; por la parte trasera del estante se encuentra la interfaz física Ethernet.
 - **Controlador de aplicación** (APC), que proporciona interfaz entre la aplicación específica y el procesador central y el hardware de conmutación; asimismo proporciona control del bus de la unidad SN-CP.
 - **Interfaz de control** (CI), entre la unidad SN-CP, los controladores de los estantes ISS y de configuración de SFU; la información del estado de cada uno de ellos es enviada desde los controladores de cada estante a la SN-CP por medio de esta tarjeta.
 - **Reloj**, localizado en la parte trasera del estante, proporciona una señal de 8 Khz. que recibe la SN-CP desde el estante de configuración SFU.

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	P	C	C		M	M		B		M		A	C		
	L	D	O		E	E		S		I		P	I		
	S		R		M	M		N		0		C	0		
			E		O	O									
					0	1									

Figura 8.9. Configuración del estante SN-CP.

- **Unidades ISS de interfaz de línea**, compuestas de las tarjetas:
 - **Interfaz de conmutación (FI)**, que proporciona el interfaz entre las tarjetas de línea de la ISS y la SFU; esta interfaz acepta flujos de celdas de entrada para grupos de cuatro tarjetas de líneas, multiplexando las entradas de cada grupo de cuatro en un solo flujo, el cual es enviado a la SFU; asimismo, la FI recibe la entrada de flujo de la SFU, demultiplexándolo y enviándolo a las tarjetas de línea correspondientes. Hay 2 tarjetas de este tipo (redundancia).
 - **Controlador de estante (SC)**, que soporta la comunicación entre la unidad SN-CP y el ISS proporcionando funciones de control para el ISS (inicialización, protección en el cambio de lado 0 a 1 y viceversa, protección en el cambio de la señal de reloj); el Sc monitoriza el resto de tarjetas del estante ISS y, en caso de fallos internos o externos, genera una alarma que es enviada a la SN-CP. Existen dos tarjetas de este tipo por redundancia.
 - **Distribuidor de reloj (CSDIS)**, que recibe la señal de la tarjeta CREC del SFU y la distribuye a todas las tarjetas del estante ISS. Existen dos tarjetas de este tipo por redundancia.
 - **Tarjetas de línea E3, DS3 y STM1 (LC)**, que constituyen la terminación de línea para interfaces UNI y NNI, así como el procesamiento de células de entrada y salida. Las 15 posiciones lógicas de que se dispone se agrupan dos a dos formando grupos lógicos (1 y 3, 5 y 7, 9 y 11, 13 y 15) de manera que en cada grupo no pueden mezclarse dos LC de diferente tipo. Cada uno de estos conjuntos de tarjetas están constituidos por:
 - **Tarjeta de línea principal**: procesa las celdas ATM y soporta la comunicación con el SN-CP; localizada en el frontal.
 - **Tarjeta de E/S (CSB11 para E3, CSB3 para STM1)**: proporciona 4 ó 6 (caso de DS3) terminaciones de línea para la gestión E/S física; localizada en la parte trasera y enfrentada con la principal.
 - **Tarjeta adaptadora de conexión (CSB15)** para conectores BNC (para E3 y DS3); localizada en la parte trasera y enfrentada con la principal.

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	
	L		L		L		L		F	S	C	C	S	F			L		L		L		L	
	C		C		C		C		I	C	D	D	C	I			C		C		C		C	
	1		2		3		4				I	I					5		6		7		8	
											S	S												
	1		3		5		7		Lado 0				Lado 1					9		10		13		15

Figura 8.10. Configuración del estante de líneas ISS (frontal).

23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
C	C	C	C	C	C	C	C									C	C	C	C	C	C	C	C
S	S	S	S	S	S	S	S									S	S	S	S	S	S	S	S
B	B	B	B	B	B	B	B									B	B	B	B	B	B	B	B
1	1	1	1	1	1	1	1									1	1	1	1	1	1	1	1
1	5	1	5	1	5	1	5									1	5	1	5	1	5	1	5
ó		ó		ó		ó										ó		ó		ó		ó	
C		C		C		C										C		C		C		C	
S		S		S		S										S		S		S		S	
B		B		B		B										B		B		B		B	
3		3		3		3										3		3		3		3	
15		13		11		9			Lado 1				Lado 0		7		5		3		1		

Figura 8.11. Configuración del estante de líneas ISS (trasera).

- **Unidades SFU de conmutación**, compuestas de las tarjetas:
 - **Memoria Compartida (SMF)**, que realiza la función de conmutación; se compone de una tarjeta Primaria y tres Secundarias, conectadas a las tarjetas FI de cada unidad ISS. Existen dos tarjetas de este tipo por redundancia.
 - **Distribuidor de reloj (CDIS)**, recibe la señal de reloj de la CREC de este estante y la distribuye al resto de las tarjetas de la SFU. Existen dos tarjetas de este tipo por redundancia.
 - **Recuperador de reloj (CREC)**, que proporciona la interfaz entre el SN y la entrada de reloj externa. Existen dos tarjetas de este tipo por redundancia.
 - **Controlador de estante (SC)**, que controla la unidad SFU y hace de interfaz entre ella y la SN-CP, generando alarmas de la primera cuando falla y enviándoselas a la última. Existen dos tarjetas de este tipo por redundancia.

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
		S	S	S	S		S	C	C		C	C	S		S	S	S	S		
		M	M	M	M		C	R	D		D	R	C		M	M	M	M		
		F	F	F	F			E	I		I	E			F	F	F	F		
		1	1	0	1			C	S		S	C			1	0	1	1		

Figura 8.12. Configuración del estante de conmutación.

8.4.2. Módulo de Gestión (SMM).

El SMM es una aplicación de gestión soportada sobre una o varias estaciones de trabajo que permite la gestión del sistema a nivel de red y de nodo. Sus características principales se encuentran resumidas en los siguientes puntos:

- **Interfaz gráfico de usuario (GUI, Graphical User Interface)**, basado en OSF/Motif, que facilita al operador las funciones de operación, administración y mantenimiento.
- **Mapas de la red**, que proporcionan una representación gráfica del estado operativo de los elementos de la red, representados sobre mapas de la región sobre la que están desplegados.
- Capacidad de **diagnóstico remoto** de cualquier elemento de la red.
- **Gestión de los mensajes, alarmas y eventos** generados por los elementos de la red.
- **Control de accesos.**
- Soporte de **gestión de la red** de usuario sobre el protocolo **SNMP**.
- Permite diferentes **estrategias de encaminamiento** de celdas ATM:
 - Automático: seleccionando los extremos del circuito, el sistema selecciona la ruta.
 - Manual: configuración manual de la ruta del circuito.
 - Reencaminamiento automático: en caso de fallo de enlaces.

Por lo que respecta al **hardware**, la aplicación SMM es soportada por una estación de trabajo HP9000 modelo 725/100 ó 725/50, equipada con 192 Mb RAM, dos puertos serie y uno paralelo, dos interfaces Ethernet, un transceptor, dos discos duros de 1 Gb, una unidad de cinta DDS de 2 Gb, una torre de discos equipada con uno de 1 Gb y dos de 2 Gb, y un monitor en color de 17" ó 20".

El software que es necesario en el SMM se puede englobar en dos clases:

- Aplicaciones configurables de gestión de la red y mantenimiento de SN.
- Software básico, incluyendo el sistema operativo HP-UX 9.05 y aplicaciones genéricas.

La operación del sistema, una vez entrados el login y la contraseña, permite por medio del GUI las opciones que se especifican a continuación:

- **Editor de mapas:** para la creación de representaciones gráficas de la red sobre mapas geográficos, pudiéndose personalizar la categoría de severidad de los

eventos generados y los códigos de colores que representan los estados de los elementos de la red.

- **Configuración y aprovisionamiento de la red:** de todos y cada uno de los elementos de control (SMM, MM y SN), los elementos de los SN y los perfiles de tráfico y circuitos virtuales.
- **Gestión de alarmas y diagnósticos:** que proporciona el mapa de estados de la red y la representación gráfica de cada uno de sus elementos. Permite el acceso a otras cuatro aplicaciones:
 - **Editor de mapas.**
 - **Browser**, para visualizar los informes y mensajes almacenados en ficheros.
 - **Lista de alarmas**, para visualizar, ordenar y limpiar el sistema de alarmas activas.
 - **Interfaz de mantenimiento**, que permite realizar tareas de operación y mantenimiento y obtener medidas de tráfico en tiempo real.
- **Aplicación de monitorización del rendimiento:** permite crear, editar e imprimir informes personalizados de tráfico o rendimiento de tarjetas.
- **Ayuda en línea:** permite consultar la documentación del sistema.

Además de estas aplicaciones gráficas, el sistema posee otras cuatro aplicaciones de gestión no basadas en GUI, que son:

- **Craft Interface:** para control y mantenimiento del sistema mediante comandos directos, permitiendo detectar estados, diagnosticar y retirar circuitos, realizar medidas, etc.
- **Command Line Interface:** interfaz de tipo ASCII basada en UNIX entre un host remoto y el SMM de una red a través de una LAN/WAN. Se permiten consultas y modificaciones remotas de la configuración de un elemento controlado por el SMM.
- **CMIP (Common Management Information Protocol):** proporciona funciones de aprovisionamiento y control de fallos desde un host remoto conectado a SMM a través de una interfaz Q3, vía LAN/WAN sobre TCP/IP.
- **Customer Network Management:** aplicación opcional que permite a los clientes de la red ATM monitorizar su interfaz UNI de acceso a la red pública y su propia red privada, utilizando el protocolo SNMP sobre UDP/IP con estructura de datos MIB.

8.5. DESCRIPCION GENERAL DEL NODO DE ACCESO APEX-NPX.

8.5.1. Descripción básica.

Dentro de la familia de productos del fabricante GCD, el equipo APEX-NPX (Network Provisioning EXchange) esta diseñado para servir tanto de conmutador de acceso, como de tránsito en **redes públicas**. En el caso de la Red Comercial de Telefónica, se está empleando como nodo o conmutador de acceso.

El equipo APEX-NPX proporciona **transporte para tráfico ATM puro y para tráfico no ATM**. Esto último es posible debido a que soporta los estándares de nivel de adaptación ATM, incluyendo AAL-1 y AAL-5.

El nodo APEX-NPX, soporta el **protocolo de gestión de red SNMP** (Simple Network Management Protocol) que es un estándar muy común en la industria hoy en día. Esto quiere decir que cualquier gestor SNMP que soporte Bases de Datos de Información de Gestión MIB (Management Information Bases), podría controlar el conmutador. GDC ofrece un sistema de gestión orientado a objetos: el NMS-3000, que es el utilizado por Telefónica, junto con el UNISOURCE SCHEDULER, para la gestión de su Red Comercial. Existe también la posibilidad de gestionar localmente el conmutador mediante un sistema de menús sobre un terminal VT-100.

El APEX-NPX utiliza una **función de gestión de tráfico**, que permite a los nodos ATM manejar tráfico CBR (Constant Bit Rate) y VBR (Variable Bit Rate) con contratos de clase de servicio distintos en base a VP (Virtual Path) o VC (Virtual Circuit). Este fabricante, considera que las capacidades de procesamiento de tráfico en cuanto a supervisión de tráfico, prioridades de tráfico y gestión de buffers, son el punto más importante para nodos ATM.

GDC emplea un dispositivo llamado **procesador ATM**, que es el responsable de realizar las funciones de control de parámetros de uso UPC (Usage Parameter Control) sobre el interfaz de usuario ATM UNI (ATM User Network Interface). El procesador ATM realiza el UPC según las recomendaciones ATM Forum UNI, Versión 3.0 y 3.1 satisfaciendo y superando todos los requisitos. De forma que es posible mantener GCRA's

(Generic Cell Rate Algorithm) de *doble cubo de goteo* (dual leaky bucket) por cada VPI/VCI.

Los GCRA's duales permiten gestionar de manera independiente tasas de pico y sostenidas de tráfico para $CLP = 0$ y $CLP = 1$ (o cualquier combinación de éstas).

El APEX-NPX soporta las siguientes **clases de servicios**:

- 1 CBR (Constant Bit Rate)
- 2 VBR alto (Variable Bit Rate)
- 3 VBR medio
- 4 VBR bajo

El conmutador APEX-NPX emplea un esquema de **buffers distribuidos** (como puede verse en la figura 8.13) y un mecanismo de **priorización del tráfico** en el tránsito que realizan las celdas a través del equipo. Dicha priorización se realiza en función de la clase de servicio, de forma que para el tráfico CBR y VBR alto, las celdas se marcan como de alta prioridad y para VBR medio y bajo, se marcan como de baja prioridad. El Procesador de celdas ATM se encarga de distribuir el tráfico de entrada en diferentes buffers según sea de alta o de baja prioridad. Igualmente, en la matriz de conmutación existen buffers que se encargan de evitar potenciales bloqueos cuando hay múltiples entradas de celdas destinadas al mismo trayecto de salida. Una vez atravesada la matriz, las celdas vuelven a distribuirse en diferentes buffers de salida en función de su prioridad. El empleo de buffers independientes, así como el mecanismo de priorización del tráfico, permiten reducir el parámetro **CDV** (Cell Delay Variation o variación del retardo de celda) y la **latencia** o tiempo de paso de una celda a través del conmutador.

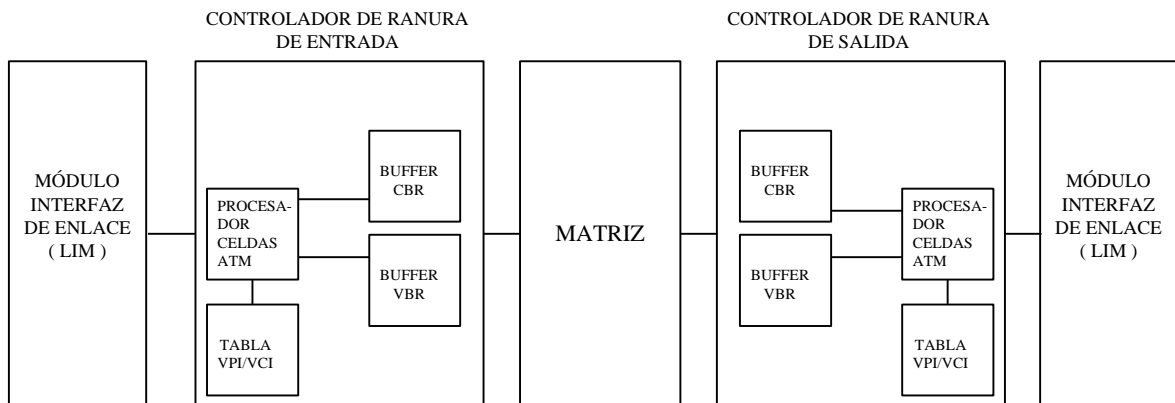


Figura 8.13. Esquema de buffers distribuidos.

El conmutador APEX-NPX para proporcionar una elevada **disponibilidad**, utiliza diferentes técnicas para asegurar que las aplicaciones críticas del equipo siguen operativas:

- Malla de conmutación redundante (opcional)
- Módulo de control redundante (opcional)
- Fuentes de alimentación redundantes y con supervisión
- Ampliaciones de hardware en caliente

*El APEX-NPX proporciona transporte para **tráfico ATM y no ATM** (mediante capas de adaptación) en **redes públicas**. Soporta el protocolo de gestión **SNMP** y las clases de servicio **CBR** y **VBR** (alto, medio y bajo). Para disminuir el CDV y la latencia emplea un esquema de **buffers distribuidos** y un mecanismo de **priorización del tráfico**.*

8.5.2. Descripción del hardware.

8.5.2.1. Bastidor.

El bastidor del equipo APEX-NPX, cumple con la normativa ETSI para este tipo de equipamiento; se trata de un bastidor de 19 pulgadas.

El aspecto físico exterior es el que se muestra en la figura 8.14.

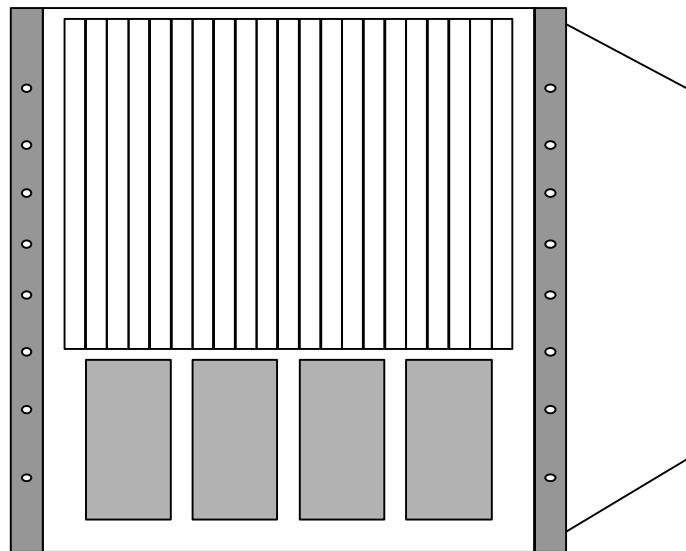


Figura 8.14. Bastidor APEX-NPX.

El chasis del APEX posee 21 ranuras en la parte superior delantera y otras tantas en la parte superior trasera. En la parte inferior delantera hay espacio para insertar hasta cuatro fuentes de alimentación. En la figura 8.15 se muestra una vista frontal del equipo, con la distribución de las diferentes tarjetas que pueden instalarse.

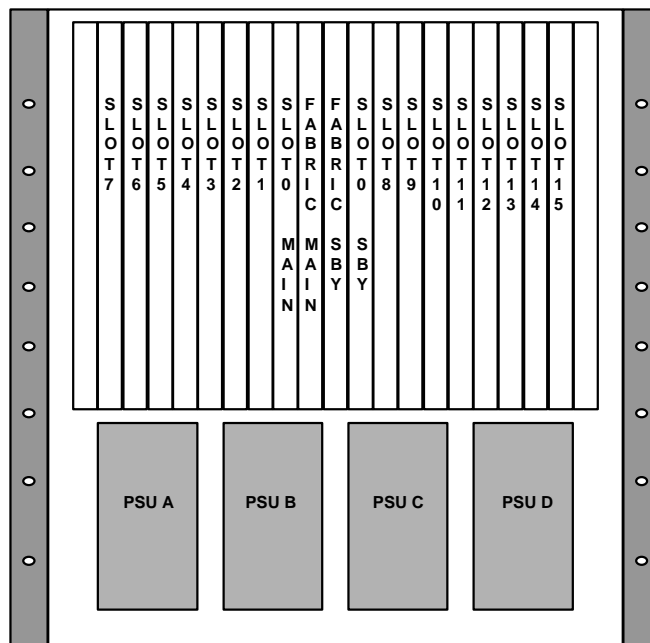


Figura 8.15. Vista frontal del APEX-NPX.

Como se aprecia en la figura, en la parte delantera existen:

- Parte superior
 - 2 ranuras para matrices de conmutación: tarjetas FABRIC Main y Standby.
 - 16 + 1 ranuras para tarjetas controladoras de ranura, dos de las cuales (las de la ranura 0) hacen funciones de controladoras de nodo Main y Standby.
 - 2 ranuras vacías. En el futuro, estas ranuras podrán incluir las tarjetas llamadas NTM (Node Timing Module), que en la versión 4.3 se encargarán del sincronismo en el nodo.
- Parte inferior
 - Hasta 4 fuentes de alimentación PSU

En las versiones del APEX instaladas a partir de 1997 las fuentes de alimentación pasan a ubicarse por encima de las ranuras de tarjetas.

En la figura 8.16 se muestra la vista posterior del nodo, con la distribución de tarjetas:

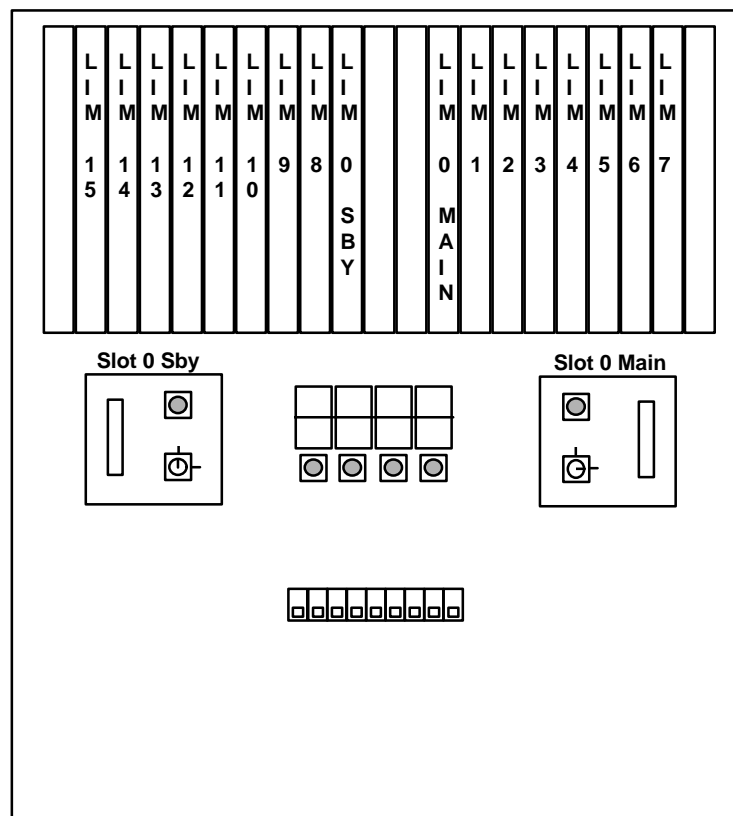


Figura 8.16. Vista posterior del APEX-NPX.

Como podemos observar en la figura, en la parte trasera existen:

- Parte superior
 - 16 + 1 ranuras para tarjetas de interfaz de enlace LIM
- Parte inferior
 - 4 interruptores para las fuentes de alimentación
 - 2 conjuntos *Slot 0 Main* y *Slot 0 Standby* que incluyen:
 - . Botón de reset
 - . Llave de encendido del equipo
 - . Conector hembra de 25 patillas
 - 9 puntos de entrada de alimentación

En la figura 8.17 se muestra una vista lateral del equipo, donde podemos observar la **arquitectura *Mid-Plane*** en la que está basado el APEX-NPX. Mediante la llamada *autopista de conmutación mejorada* (Enhanced Switching Highway), se comunican los controladores de ranura con sus tarjetas LIM asociadas y con la matriz.

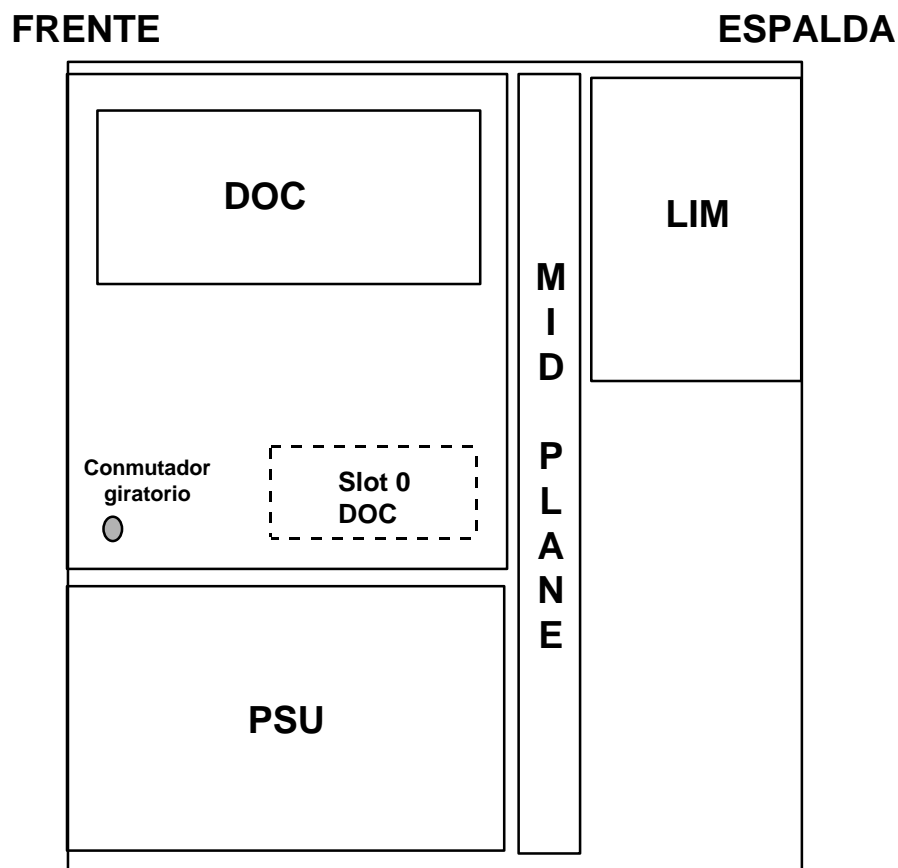


Figura 8.17. Vista lateral del APEX-NPX.

8.5.2.2. Matriz de conmutación.

La matriz o malla del nodo, es la responsable de la conmutación de celdas entre los controladores de ranura del sistema.

Existen dos modelos de matrices de conmutación con diferentes rendimientos:

- XP ofrece un rendimiento de 200 Mbps en cada dirección simultáneamente a cada uno de los controladores de ranura.
- **XH** ofrece un rendimiento de 400 Mbps en cada dirección simultáneamente a cada uno de los controladores de ranura. Este modelo es el empleado por Telefónica en su Red comercial.

Cada tarjeta tiene 16 x 16 crosspoints, y la XH tiene un buffer de cuatro celdas por cada punto de interconexión posible, es decir, 256 x 4 celdas. Este buffer se usa para liberación de bloqueo *Head Of Line* (HOL). Cuando hay múltiples entradas de celda destinadas al mismo trayecto de salida, puede producirse un potencial bloqueo HOL. Con este pequeño buffer se asegura que no se produce bloqueo alguno. En la figura 8.18 se esquematiza el mecanismo de Head Of Line Buffering.

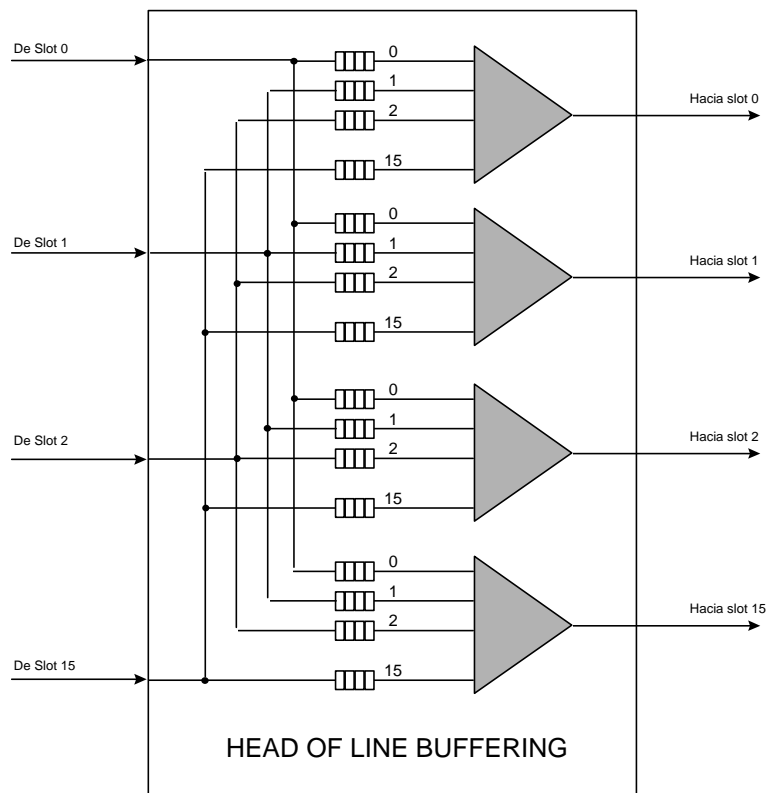


Figura 8.18. Mecanismo de liberación de bloqueo.

La matriz conmuta celdas ATM (53 bytes) que llevan añadidas una etiqueta de tres bytes que es introducida por el controlador de ranura de entrada. Seguidamente, en la figura 8.19 se indica el contenido de los tres bytes:

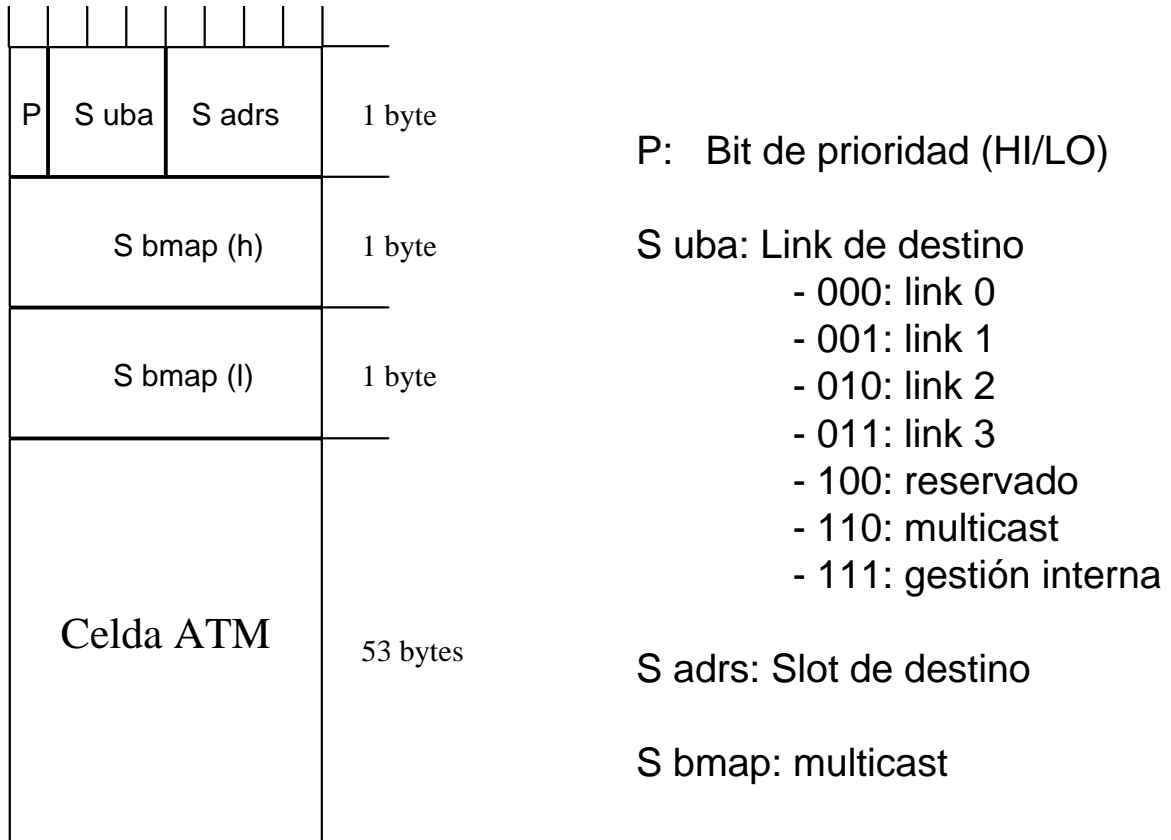


Figura 8.19. Etiqueta de encaminamiento.

En cuanto al aspecto físico exterior, el frontal de la tarjeta XH se muestra en la figura 8.20.

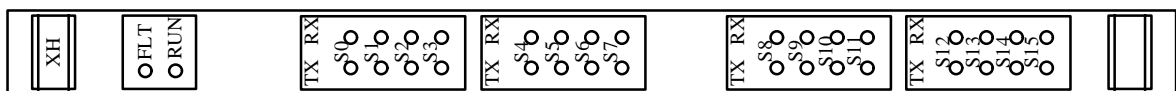


Figura 8.20. Frontal Matriz XH.

Como se aprecia en la figura, Hay dos indicadores luminosos LED por cada interfaz de celdas con la matriz. El LED de la izquierda correspondiente a un interfaz controlador

de ranura, luce cuando la matriz transmite una celda a ese controlador de ranura. El LED de la derecha luce cuando se recibe una celda del correspondiente controlador de ranura. Si una tarjeta matriz está en modo Standby, el LED *RUN* parpadea.

Cada controlador de ranura activo envía celdas de chequeo a la matriz, que las reenvía al controlador que las originó. Esto ocurre aproximadamente cada cinco segundos y provoca que los indicadores luminosos correspondientes se iluminen con esa frecuencia.

8.5.2.3. Controlador de ranura.

Son las tarjetas que realizan funciones de interfaz, soportando hasta cuatro enlaces o puertos físicos y su hardware y software asociados. Hay dos tipos de controladores:

- **Interfaz ATM:** proporcionan interfaces de celda ATM dedicados. Estos realizan las funciones de procesamiento de celdas ATM, gestión de tráfico y traducción VPI/VCI. Sus principales características son :
 - No requieren funciones de adaptación.
 - Las funciones de procesamiento de celdas, policing y gestión están implementadas en hardware.
 - Soportan policing de hasta 7168 VP/VCs
 - Soportan señalización UNI 3.1 y gestión de tráfico UNI 3.0
 - Funcionamiento básico: El procesador de celdas basado en hardware controla las operaciones de trayecto de datos. Cuando se recibe una celda procedente de un enlace, comprueba si se ha asignado el VPI/VCI. Si es así, comprueba si la celda está dentro del perfil de Calidad de servicio negociado en el momento de la conexión y procesa la celda según corresponda. Por último, agrega una etiqueta de enrutamiento de tres bytes y envía la celda a la matriz del nodo. Las celdas transmitidas a través de la matriz del nodo, las recibe el controlador de ranura saliente y se envían al enlace físico apropiado.
 - Los tipos de controlador de interfaz ATM (en negrita se indican las combinaciones empleadas por Telefónica en su Red comercial) y los interfaces que soportan son:
 - CP/**HP**: DS1, DS3, E1, **E3**, X.21 y X.27 (2 por LIM).
 - CL/**HL**: TAXI, proporcionando dos puertos de 100 Mbps.
 - CS/**HS**: OC-3c/**STM-1**.
- **De adaptación:** conectan tecnologías de red distintas (no ATM), como Ethernet, Frame Relay, Emulación de circuitos, etc. Estos controladores poseen una tarjeta madre similar a las de interfaz ATM y una tarjeta auxiliar (DOC) que configura el

controlador de ranura para una adaptación específica.. Las tarjetas de adaptación disponibles son las siguientes:

- DXDOC: Adaptación de Frame Relay/Frame Transport.
- VCDOC: Emulación de circuito virtual.
- QEDOC: Adaptación de tráfico Ethernet.

Cada controlador de ranura tiene un procesador del subsistema de gestión SNMP. Este procesador, en el momento del arranque comprueba el estado del hardware y carga la versión correcta del software; una vez en marcha, el procesador supervisa el estado del hardware del trayecto de datos y toma las acciones necesarias.

Todos los controladores de ranura poseen una memoria especial llamada **Flash EPROM**, con una capacidad de 512 Kbytes o 2 Mbytes, que se comporta como una unidad de disco convencional. En esta memoria se almacenan los ficheros tanto de código como de configuración.

En la figura 8.21 se muestra la carátula frontal de un controlador de ranura:

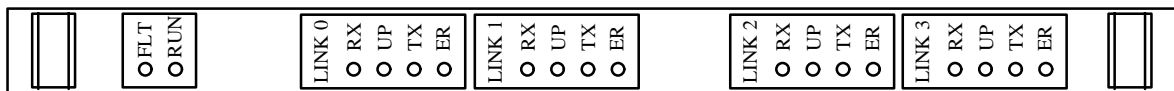


Figura 8.21. Frontal Controlador de ranura

Todos los controladores de ranura poseen el llamado rotary switch. Se trata de un pequeño **conmutador giratorio** de 16 posiciones que controla la forma en que la tarjeta arranca.

8.5.2.4. Controlador de nodo.

El controlador de ranura que se inserte en la ranura 0 realiza funciones de control del sistema. Cualquier tarjeta controladora puede actuar como controladora de nodo, pero GDC recomienda utilizar una MSQED (que es la que Telefónica emplea en su Red comercial).

El controlador de nodo conoce la **configuración hardware** del conmutador mediante un mecanismo de envío de celdas de comprobación a todas las ranuras, si en una de ellas hay alguna tarjeta activa, ésta responde con su tipo, estado, números de serie y versión del software que corre.

El controlador de nodo **mantiene las tablas de conexiones** de forma que cuando un PVC está activado, envía los mensajes apropiados a cada enlace implicado en la conexión para establecer el circuito.

El controlador de nodo proporciona el servicio del **puerto serie** para gestión local, pudiendo configurarse este como interfaz de terminal VT-100 o para ejecutar el protocolo SLIP.

El controlador de nodo hace las funciones de **router IP** para la Red de gestión Overlay MOLN, de forma que los paquetes IP se envían a la ranura 0 para su enrutamiento.

Como ya se ha mencionado, el controlador de nodo puede estar duplicado: **principal** (*Main*) y **reserva** (*Standby*).

La conmutación automática de controlador 0 se produce si:

- Falla el reloj del sistema
- Falla el procesador del controlador activo
- Se detecta fallo software no recuperable
- Se extrae físicamente el controlador activo
- Se detecta fallo en las celdas de chequeo

8.5.2.5. Interfaces físicos.

Las tarjetas que soportan los interfaces físicos de conexión a equipos de clientes, a otros nodos y a equipos de gestión, son las llamadas **Módulos de interfaz de enlace LIM** (Link Interface Module).

Estas tarjetas se ubican en la parte posterior superior del bastidor del APEX-NPX. Seguidamente se listan los diferentes tipos de LIM, indicando en negrita y aportando mayor información para los empleados por Telefónica en su Red comercial:

- **DAUI**

Cada tarjeta LIM de este tipo posee cuatro puertos Ethernet etiquetados LINK0 a LINK3, compatibles con el estándar IEEE 802.3 operando a un máximo de 10 Mbps. El interfaz físico es un conector AUI DB-15 para 10 base 5. Para conexiones a redes 10 base T o 10 base 2 pueden emplearse transceptores de otros fabricantes.

En la siguiente figura, se muestra el aspecto del panel frontal del Módulo interfaz DAUI:

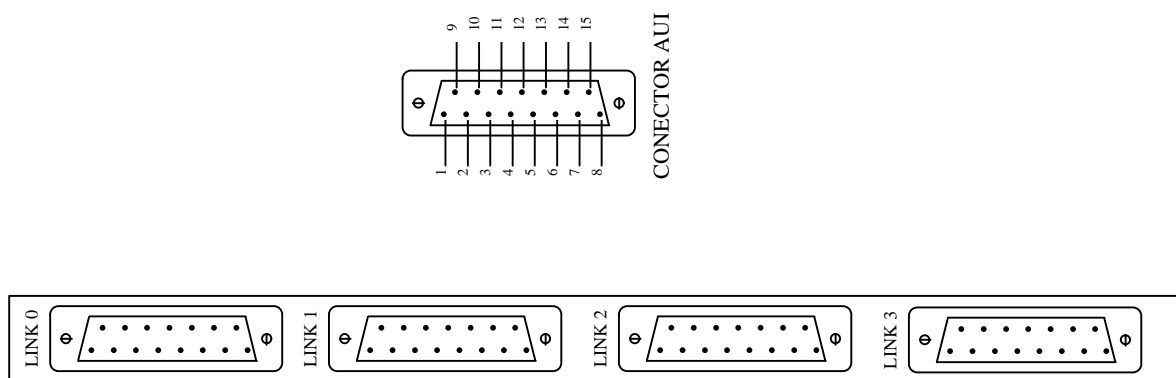


Figura 8.22. Panel frontal tarjeta DAUI y detalle del conector AUI.

- **DDS1 (T1)**

Es una tarjeta interfaz inteligente que proporciona dos puertos T1 según el estándar norteamericano. Cada puerto consta de dos pares trenzados o cuatro hilos con un conector hembra DB-15 operando a 1,544 Mbps.

- **DDS3 (T3)**

Es una tarjeta interfaz inteligente que proporciona dos puertos T3 según el estándar norteamericano. El interfaz físico es un par de conectores BNC de 75 ohmios por puerto. Cada puerto opera a 44,736 Mbps.

- **D2G703 (E1)**

Esta tarjeta proporciona dos puertos E1 operando a 2,048 Mbps con interfaz G.703 no estructurado. El interfaz físico es un par de conectores BNC de 75 ohmios por cada puerto.

- **D8G703 (E2)**

Este LIM proporciona dos puertos E2 operando a 8,448 Mbps con interfaz G.703 no estructurado. El interfaz físico es un par de conectores BNC de 75 ohmios por cada puerto.

- D34G703 (E3)

Este LIM proporciona dos puertos E3 operando a 34,368 Mbps con interfaz G.703 no estructurado. El interfaz físico es un par de conectores BNC de 75 ohmios por cada puerto.

- DS1-4C (T1)

Esta tarjeta ofrece cuatro puertos T1 operando a 1,544 Mbps con un conector DB-15 por puerto. El DS1-4C es un LIM de sincronización mejorado que permite utilizar sincronismo de tres fuentes diferentes : reloj de la red, referencia del reloj del nodo y oscilador interno. Además el LIM puede utilizar la señal de reloj recibida como sincronismo para la transmisión y vía *Mid-Plane*, para proporcionar referencia de sincronismo al sistema.

- DS3-2C (T3)

El LIM DS3-2C proporciona dos puertos T3 que operan a 47,736 Mbps mediante un interfaz físico de dos conectores BNC de 75 ohmios por puerto. Al igual que el anteriormente descrito, se trata de un LIM de sincronización mejorado ofreciendo idénticas prestaciones de temporización.

- E1-4C (E1)

Este LIM tiene cuatro puertos E1 que operan a 2,048 Mbps y emplean interfaz físico con conector DB-15. En cuanto a sincronismo ofrece las mismas prestaciones que los dos anteriores.

- E1-2C (E1)

Igual que el anterior pero sólo proporciona dos puertos.

- **E3-2C (E3)**

El LIM E3-2C proporciona dos puertos E3 que operan a 34,368 Mbps mediante un interfaz físico de dos conectores BNC (Tx y Rx) por puerto. Este LIM ofrece las mismas prestaciones en cuanto a sincronismo que los anteriormente descritos. Además soporta emulación de circuitos en modo transparente y los siguientes formatos para interfaces de celda: ITU-T G.751 o G832.

El panel frontal de este LIM se muestra en la figura 8.23.

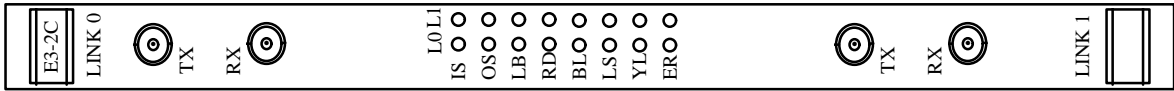


Figura 8.23. Indicadores y conectores del LIM E3-2C.

- **LFLIM**

Esta tarjeta ofrece dos puertos TAXI de fibra monomodo, que operan a la velocidad de 100 Mbps (codificación 4B/SB) estándar del Forum ATM. El interfaz físico es un conector tipo FDDI-MIC.

- **DX21**

Este LIM proporciona dos puertos X.21 que operan a velocidades comprendidas entre 2,4 Kbps y 10 Mbps, siendo el interfaz físico un conector macho DB-15 DTE.

- **DX27 (RS-449/RS-422)**

Este LIM proporciona dos puertos RS-449 operando a velocidades comprendidas entre 2,4 Kbps y 10 Mbps a incrementos de velocidad estándar, siendo el interfaz físico un conector macho DB-37TE.

- **SSLIM**

Es una tarjeta con un sólo puerto óptico monomodo OC-3c/STM-1 que opera a 155,52 Mbps utilizando conectores FC/PC.

- **DSLIM**

Este LIM proporciona dos puertos ópticos monomodo OC-3c/STM-1 que operan a 155,52 Mbps, utilizando conectores FC/PC

El panel frontal de esta tarjeta se muestra en la figura 8.24.

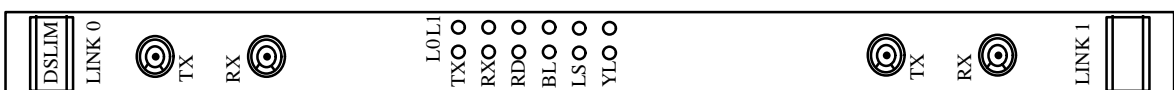


Figura 8.24. Panel frontal DSLIM.

- SMLIM

Es un LIM con un sólo puerto óptico multimodo OC-3c/STM-1 que opera a 155,52 Mbps utilizando conectores SC.

- DMLIM

Es una tarjeta con dos puertos ópticos multimodo OC-3c/STM-1 que trabajan a 155,52 Mbps utilizando conectores SC.

- LDSLIM

Es un LIM OC-3c/STM-1 de largo alcance con dos puertos ópticos monomodo que trabajan a 155,52 Mbps empleando conectores FC/PC.

- LSSLIM

Es un LIM OC-3c/STM-1 de largo alcance con un puerto óptico monomodo que trabaja a 155,52 Mbps usando conectores FC/PC.

- DHLIM

Este LIM tiene dos puertos ópticos OC-3c/STM-1 que operan a 155,52 Mbps, pero emplea conectores de ambos tipos FC/PC y SC permitiendo establecer interfaces de corto e intermedio alcance respectivamente.

- LDHLIM

Igual que el anterior pero permite establecer, mediante sus conectores FC/PC y SC , interfaces de corto y largo alcance respectivamente.

- VJLIM

Este LIM transporta vídeo (Full-Motion), audio (estéreo alta calidad) y datos sobre conexiones ATM, usando CBR y AAL1. El LIM comprime vídeo utilizando *Motion JPEG* operando una tasa de bits seleccionable por el usuario entre 5 y 25 Mbps. Los canales de audio operan a 1,728 Mbps. Los canales de datos corren SLIP desde 2,4 a 38,4 Kbps.

Utiliza conectores BNC para entrada y salida de vídeo, conectores DB9 para entrada y salida de audio y conectores RJ45 para datos.

8.5.2.6. Fuentes de alimentación.

Un bastidor APEX-NPX tiene espacio para cuatro unidades de alimentación, llamadas PSU (Power Supply Module), sin embargo el bastidor completamente equipado sólo requiere tres módulos de suministro de alimentación. El cuarto módulo, si se equipa, actúa de reserva activa, proporcionando la alimentación adicional necesaria en caso de fallo de algún módulo.

En operación normal, debería existir un máximo de cinco tarjetas por módulo PSU; sin embargo, en circunstancias extremas se permite hasta un máximo de ocho tarjetas por PSU durante períodos de tiempo cortos.

En la figura 8.25 se muestra el panel frontal de un módulo PSU.

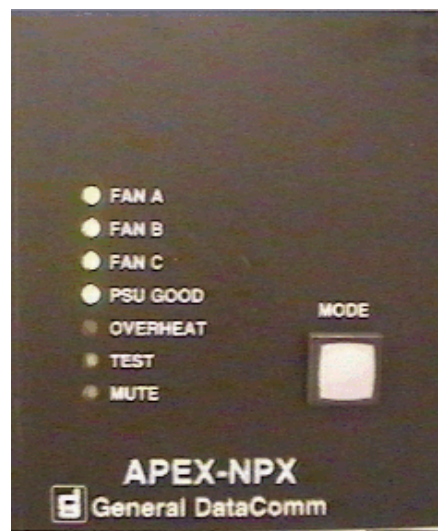


Figura 8.25. Panel frontal de una fuente de alimentación (PSU).

Cada módulo de alimentación supervisa el giro de los tres ventiladores que posee, la temperatura, el voltaje y el estado de la fuente, mostrándose todos estos datos en la tabla de estadísticas de las fuentes de alimentación del sistema de gestión que se presenta en la siguiente figura:


```

ST240
MAQUETA: Slot 0  SYS  Power supply statistics  4.0.0/Rev C-
Detail of Power supply statistics entry 0

Supply#           : 0
Fault             : ok
Test Fault        : no
Voltage (mV)      : 5390
Temp (degC)       : 22
Fan A (RPM)       : 2409
Fan B (RPM)       : 2374
Fan C (RPM)       : 2392
Reset             : no
Enclosure Type    : v1 APEX
Fan Fail          : no
PSU Too Hot       : not applicable
Front Too Hot     : not applicable

Select option: _
Down, Enter entry number to edit, Goto row, Summary, eXit

```

Figura 8.26. Tabla de estadísticas de una fuente de alimentación (detalle).

El bastidor del APEX-NPX incluye en su parte delantera espacio para las tarjetas controladoras de ranura (16+1), matrices de conmutación (principal y reserva) y hasta cuatro fuentes de alimentación; y en su parte trasera se instalan los módulos de enlaces LIM y el puerto serie para gestionar el nodo.

8.5.3. Arquitectura del Software.

Este apartado describe los principales componentes y características del software del nodo APEX-NPX .

8.5.3.1. Sistema de ficheros.

Cada tarjeta controladora de ranura posee su propio sistema de ficheros almacenado en una memoria especial denominada **Flash EPROM**. La memoria Flash EPROM se diferencia de las EPROM convencionales en que puede borrarse electrónicamente de una

forma relativamente rápida; permitiendo además repetir la operación de borrado múltiples veces. El software del nodo APEX-NPX consigue que la memoria Flash EPROM se comporte como una **unidad de disco virtual**, pudiendo emplearse los comandos típicos de copiar, borrar, renombrar, etc.

*Cada controladora de ranura posee su propio sistema de ficheros almacenado en una memoria especial llamada **Flash EPROM** que se comporta como una unidad de disco convencional.*

Dependiendo del tipo de tarjeta controladora, la capacidad de esta memoria puede ser 512 Kbytes o 2 Mbytes y se localiza sobre la placa base. En esta memoria, se almacenan ficheros tanto de configuración como de sistema operativo. Esta memoria o disco virtual, se identifica mediante el literal **SYS** que aparece en la línea de cabecera de cada pantalla. Además, las nuevas tarjetas controladoras, poseen 512 Kbytes de memoria Flash EPROM localizada sobre la S0DOC (Daughter Optional Card) que funciona como un segundo disco virtual que se identifica en la línea de cabecera de cada pantalla mediante el literal **B:**. Para saber si una determinada tarjeta controladora posee esta memoria adicional, se escogerá la opción *File system* de la pantalla del menú principal DV2; si el menú resultante de la pantalla *File Operations* incluye la opción *select flashH*, entonces tendremos S0DOC y por tanto acceso al segundo disco virtual.

Existen una serie de ventajas por tratar la Flash EPROM como un disco:

- Facilita la copia de configuraciones. La configuración del nodo puede copiarse antes de su modificación; de esta forma si una vez modificada existe cualquier problema, puede volver a restaurarse la configuración anterior.
- Facilidad de edición de ficheros de configuración. Los ficheros de configuración son texto ASCII; el software de nodo APEX incluye un editor de pantalla que permite la creación y modificación de este tipo de ficheros.
- facilita la copia del sistema operativo. Al igual que con los ficheros de configuración, puede cargarse una versión diferente del sistema operativo, manteniendo una copia de la anterior, de forma que puedan realizarse pruebas y posteriormente volver al funcionamiento normal.
- Facilidad de transferencia de ficheros. Es posible transferir ficheros entre tarjetas controladoras, o entre tarjetas y un sistema de gestión de red gracias a que el nodo APEX soporta el protocolo de transferencia de ficheros estándar TFTP (Trivial File Transfer Protocol).

- Facilita la prueba de diferentes versiones de sistema operativo. Como cada tarjeta controladora posee su propio disco virtual, es posible cargar en una de ellas una versión de pruebas mientras que el resto sigue funcionando con el software normal.

8.5.3.2. Organización del Software.

Como hemos mencionado, la configuración y el sistema operativo del nodo APEX, aparecen como ficheros en el disco virtual. Cada controladora tiene su propia copia del sistema operativo en su Flash EPROM. Cada controladora corre idéntico software en su procesador de subsistema, lo que ocurre es que varias partes del software se habilitan o inhabilitan dependiendo del tipo de tarjeta y de la DOC que se equipe. Además, determinados tipos de interfaz pueden requerir módulos extra de código.

El software del procesador de subsistema, que se carga desde la Flash EPROM en el momento del arranque, se almacena en un fichero llamado **/slave.cod**, mientras que la configuración se almacena en un fichero llamado **/config.cfg**.

Los ficheros típicos del nodo APEX son:

- *slave.cod*: Es el sistema operativo del nodo. El sufijo o extensión cod significa que es un fichero comprimido.
- *hosts*: Reside únicamente en la controladora de ranura 0 y contiene la dirección IP y el nombre del nodo.
- *users.cfg*: Define para cada usuario el login, password, el tipo de terminal y el nivel de acceso.
- *config.cfg*: Contiene la configuración de la tarjeta controladora.
- *vcdoc.bin*: Sistema operativo de la tarjeta VCDOC. La extensión bin, indica que es un fichero binario no comprimido.
- *qedoc.bin*: Sistema operativo de la tarjeta QEDOC.
- *dxdoc.bin*: Sistema operativo de la tarjeta DXDOC.
- *def.rtb*: Tabla de encaminamiento de los SVCs.
- *_bill.psi*: Aplicación de gestión de la facturación. Escrita en PSI (Problem Solving Intelligence)

Los **nombres de fichero** pueden contener cualquier carácter alfanumérico y una longitud de hasta 11 caracteres. Hay que tener en cuenta que el punto “.” no es un carácter especial y por ello la extensiones no están limitadas a tres caracteres.

El sistema operativo admite estructuras de **directorios y subdirectorios**. Se emplea la barra inclinada “/” para indicar la vía de acceso hasta un determinado fichero; de esta forma /pruebas/slave.cod, indicaría que el fichero “slave.cod” cuelga de un subdirectorio llamado “pruebas” que a su vez cuelga del directorio raíz “/”.

La mayoría de las operaciones de disco pueden controlarse desde el menú “File Operations” que aparece al seleccionar la opción *File System* desde el menú principal (DV2 Root Menu) de la figura 8.27.

La pantalla que aparece al seleccionar la opción *File system* es la siguiente:

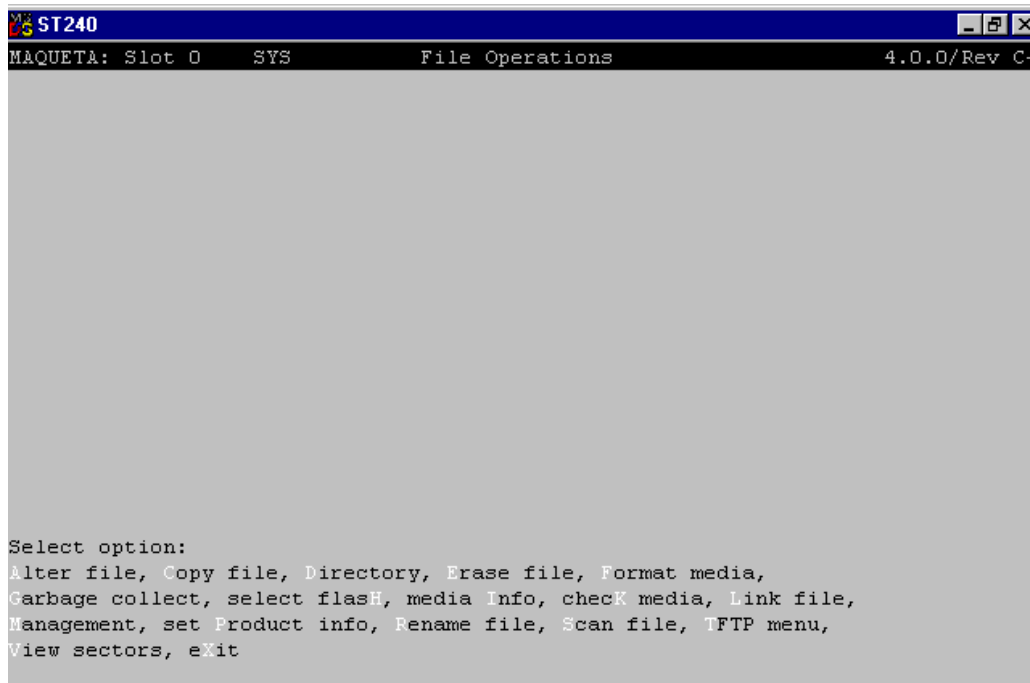


Figura 8.27. Menú de Operaciones con ficheros.

8.6. SERVICIO GIGACOM.

El servicio GIGACOM de Telefónica permite el establecimiento de una comunicación ATM bidireccional punto a punto con un ancho de banda seleccionable entre dos usuarios. Este servicio de transporte transparente de cualquier tipo de información vía ATM se ofrece mediante el establecimiento de trayectos virtuales mediante el plano de gestión, no disponiéndose en la actualidad de capacidad de manejo de señalización (plano de control).

La **caracterización del servicio** ofrecido se detalla en los siguientes atributos:

- **Transferencia de información**, de todo tipo en forma de células ATM.
- **Modo de conexión**: orientado a conexión, por medio de trayectos virtuales establecidos por el plano de gestión en el centro de gestión del operador de red (CEMTA).
- **Tráfico admitido**: reserva de ancho de banda en pico a nivel de célula ATM, siendo responsabilidad del usuario no sobrepasar este límite y reservándose la red el derecho a descartar las células que no lo cumplan.
- **Restricciones de tráfico**:
 - debidas a capa física: para STM1 (155.520 Mbps.) la tasa de células ATM resulta ser de 353.207 células/seg ó 149.760 Mbps (para el usuario de capa ATM, descontando la tara de la cabecera ATM, queda en 135.632 Mbps); para E3 (34.368 Mbps.) la tasa de células ATM resulta ser de 80.000 células/seg ó 33.920 Mbps. (para el usuario de capa ATM, descontando la tara de la cabecera ATM, queda en 30.720 Mbps.).
 - granularidad de velocidades admitidas: es de 0.5% para conexiones de menos de 3 Mbps., de menos de 2% para el intervalo de 3 a 13 Mbps. y del 5.5% para el intervalo de 13 a 34 Mbps; el mínimo ancho de banda solicitado ha de ser de 64 kbps. en uno de los sentidos de transmisión.
 - granularidad de duración de la conexión: mínimo una hora desde la activación de la conexión, con un máximo de cuatro activaciones diarias; la granularidad de comienzo de activación será de 15 minutos.
 - restricciones de CDVT admitido por la red
 - restricciones de disponibilidad de recursos de red: el operador se reserva el derecho a rechazar una solicitud de conexión en caso de no existir recursos suficientes en la red.

- **Asignación de trayectos virtuales**, por parte de la red en cada interfaz UNI; comprendido entre 5 y 255, es válido durante la vida de la conexión en ambos sentidos.
- **Temporización**: en caso de requerirse (por ejemplo para emulación de circuitos), el usuario habrá de extraer la información de reloj que necesite en su equipo terminal.
- **Transparencia de la cabecera ATM**: solamente de su VPI/VCI, siendo los demás campos susceptibles de ser modificados.
- **Simetría**: servicio bidireccional asimétrico.
- **Configuración**: punto a punto.
- **Número de trayectos virtuales simultáneos** en una interfaz: 256 (valores del intervalo 5 a 255).
- **Calidad de servicio**: única para todas las conexiones, según la tabla siguiente.

Parámetro	Valor	Unidades
CLR	10^{-9}	probabilidad
CTD	Metropolitano 2 Nacional 12 Internacional 24	milisegundos
CDV	Metropolitano 50 Nacional 150 Internacional 900	microsegundos
CER	10^{-8}	probabilidad
CMR	10^{-5}	células/segundo

Tabla 8.1. Calidad de servicio Gigacom extremo a extremo.

- **Tipos de acceso**: dependiendo de la distancia del equipo de usuario al nodo de acceso se distinguen
 - Acceso en zona de cobertura (**metropolitano**), en un radio de 15 kilómetros; se optará preferentemente por enlaces ópticos a 155 Mbps.

- Acceso **fuera de cobertura**, en radio mayor que el anterior; vía enlaces E3 eléctricos.
- **Tipos de tráfico:** se soporta exclusivamente la capacidad de transferencia determinista (DBR).
- **Tipos de conexiones**, a facturar de forma diferente, existen dos:
 - **Metropolitana:** usuario origen y destino pertenecen a la misma zona de cobertura metropolitana.
 - **Nacional:** en caso contrario.
- **Modalidades de conexión:**
 - **Reservadas:** cuando su establecimiento se solicita posteriormente a la fase de suscripción al servicio o como modificación de una conexión previamente permanente previamente establecida; lleva implícita la posibilidad de rechazo por parte de la red en caso de falta de recursos suficientes. Se distinguen dos tipos:
 - **Ocasionales:** en que se indica el instante de establecimiento y liberación de la conexión.
 - **Periódicas:** en que se indica la periodicidad (diaria o semanal) y el instante de establecimiento y liberación de la conexión.
 - **Permanentes:** cuando su establecimiento se solicita simultáneamente a la suscripción al servicio; sus características son similares a las especificadas para las reservadas salvo en lo relativo a que: son sólo posibles entre usuarios pertenecientes al mismo cliente, su duración mínima es de 1 mes y la máxima de 6 meses (renovadas automáticamente con la suscripción), y se permite su modificación pasando a considerarse en tal caso como conexiones reservadas.

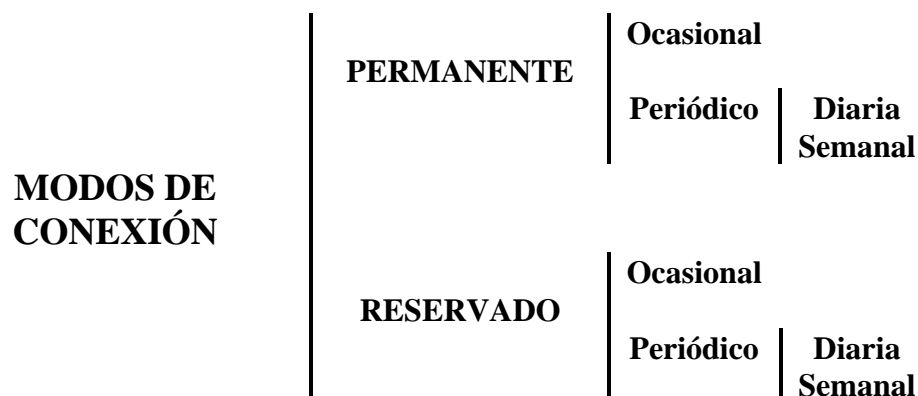


Figura 8.28. Modos de conexión del servicio Gigacom.

Para llevar a cabo el acceso al servicio Gigacom por parte de un usuario dado se deben completar los procedimientos de gestión definidos a tal efecto. Ha de distinguirse entre los distintos **actores** identificados:

- **Cliente**, entidad legal identificada por su NIF, que alquila el servicio a Telefónica y responde del contrato y la facturación asociada.
- **Agentes autorizados**, persona que el cliente faculta para la solicitud de establecimiento, modificación y liberación de conexiones.
- **Usuarios**, que finalmente reciben el servicio a través de la interfaz usuario-red normalizada.

Los **procedimientos de gestión** aludidos anteriormente son:

- Procedimientos **administrativos** o de suscripción: entre el cliente y el proveedor del servicio, tienen como objetivo el dar de alta, de baja o modificar las características de clientes, usuarios y accesos. Se podrá solicitar el establecimiento de conexiones de carácter permanente.
- Procedimientos **operacionales** o de registro: entre el agente autorizado y el proveedor de servicio, tienen como objetivo el manejo de las conexiones, su establecimiento, modificación y liberación.

Por último, y salvando la incertidumbre comercial y técnica que en la actualidad presentan los servicios de banda ancha, a continuación se encuentran los servicios de usuario que serán ofrecidos en un futuro próximo por Gigacom, aparte del Servicio DBR con reserva en pico definido anteriormente:

- GIGACOM-D: servicio VBR, con reserva de ancho de banda en tasa media y admisión de ráfagas.
- WEB-GIGACOM: servicio con reserva de conexiones por el usuario vía WWW.
- GIGACOM-C: acceso de banda ancha por par de cobre, utilizando tecnología ADSL hasta 8 Mbps; como ejemplo de utilización podemos destacar la interconexión de redes de área local.
- INFOPISTA: Infovía de banda ancha.

Cientes de la red Gigacom se pueden citar los siguientes:

- Usuarios de la red piloto, como los proyectos ACTS, TEN-IBC, JAMES, etc.
- Empresas como Ford y Renault.
- Servicio IPEX para tráfico IP internacional, con conexión a Estados Unidos.
- Televisión sobre ATM para retransmisiones deportivas.

8.6.1. Sistema de gestión y explotación de Gigacom.

Con relación a la Figura 8.29, se consideran los tres centros que llevan a cabo la gestión y explotación del servicio Gigacom:

- Centro de operaciones, situado en Madrid/Gran Vía, donde radican los equipos con funcionalidad hombre máquina (CEMTA, Centro de Explotación MTA) y los equipos SOS/SOR (Sistema de Operación de Servicio / Sistema de Operación de Red) y AgER-CIA (en el SEMTA, Sistema de Explotación MTA). Entre este centro de operaciones y el centro de la red se emplean conexiones por línea dedicada G.703 a 2 Mbps.
- Centro de Red, situado en Madrid/Java, donde radican tanto el nodo de tránsito como el de acceso principal y sus correspondientes sistemas de explotación propietarios (SMM y NMS-3000). A través del nodo de acceso principal se gestionan el resto de nodos de acceso de la red, a través como es lógico del nodo de tránsito. Todos estos equipos se encuentran interconectados por medio de Ethernet.
- Centros regionales, donde se sitúan los nodos de acceso, y cuya gestión se realiza por medio de la propia red ATM vía el protocolo SNMP.

Para aumentar la fiabilidad del sistema existe una arquitectura paralela de back-up, a utilizar en caso de que se produzcan fallos del tipo de:

- Caída de comunicación (línea dedicada G.703 a 2 Mbps.) entre el interfaz Hombre/Máquina y el SEMTA: existe otra línea dedicada alternativa.
- Caída del nodo de acceso principal o de las conexiones entre éste y el nodo de tránsito: se escoge otro nodo de acceso (nodo secundario, en general el de Barcelona/Vía Augusta) para hacer de nodo principal a través de un router y una conexión RDSI.
- Avería de un nodo de acceso o del enlace entre el nodo de acceso y el de tránsito: se prevé realizar el enlace vía módem desde el centro de control; el acceso al nodo averiado es limitado debido a que a través de la línea serie sólo se pueden realizar un conjunto reducido de operaciones (gestión de información de origen del error, etc.) sin soporte del protocolo Q3.

Por último cabe destacar que, en lo relativo al nodo de tránsito internacional de tecnología ATM y la red de internacional, existe un centro de operación y mantenimiento denominado CITM (Centro Internacional de Transmisión y Mantenimiento).

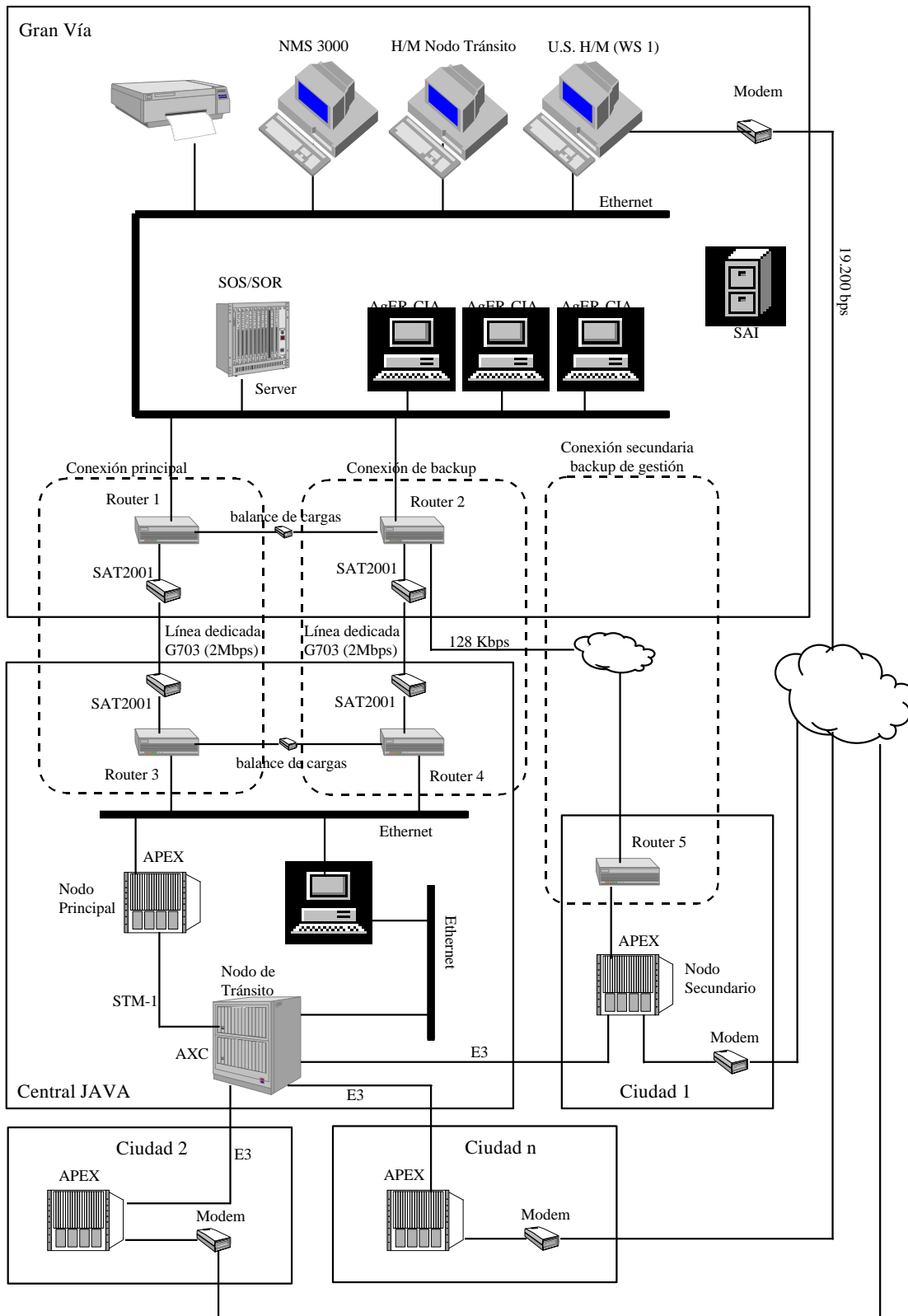


Figura 8.29. Sistema de gestión y explotación Gigacom.

Resumen

Desde principios de los noventa se han venido realizando diversas experiencias piloto de redes ATM en Europa, proyectos en los que participó activamente Telefónica constituyendo su propia Red Piloto ATM con 3 nodos nacionales (uno de cada suministrador habitual) y 1 nodo internacional.

En base a las experiencias realizadas en esa fase y los requerimientos previstos de clientes, se constituye a partir de 1996 la llamada Red Comercial de Telefónica con dos niveles nacionales conectados en estrella: acceso y tránsito. Asimismo se proporciona acceso internacional mediante otro nodo ATM.

El nodo de Tránsito AXC-2000 de Lucent Technologies empleado en la Red Comercial ATM de Telefónica se compone de dos sistemas principales: Nodo de Servicio SN y Módulo de Gestión SMM.

El SN realiza las funciones de control, interfaz y conmutación de tráfico de hasta 20 Gbps, estando compuesto de tres tipos de bastidores (Control, Fabric e ISS).

El SMM es la aplicación de gestión tanto de red como de nodo; soporta, sobre estación de trabajo, aplicaciones configurables de gestión de red y mantenimiento del SN y software UNIX básico con aplicaciones genéricas.

El nodo de acceso APEX-NPX de GDC empleado en la Red Comercial ATM de Telefónica tiene como principales características el transporte de tráfico ATM y no ATM con clases de servicio CBR y VBR, el soporte de SNMP para gestión y el empleo de buffers distribuidos y priorización de tráfico.

El bastidor del APEX dispone en su parte delantera de espacio para 16+1 controladoras de ranura, matrices de conmutación principal y reserva y un máximo de 4 fuentes de alimentación. Por su parte trasera se dispone de los módulos de enlaces y la tarjeta de gestión del nodo.

La arquitectura de software del APEX comprende un sistema de ficheros que se encuentra almacenado en la Flash EPROM de cada tarjeta controladora de ranura (unidad de disco virtual).

El servicio Gigacom de Telefónica permite el establecimiento de comunicaciones ATM bidireccionales punto a punto, con ancho de banda seleccionable, de ATC DBR, haciendo uso de la Red Comercial ATM. Del amplio conjunto de características que lo modelan cabe destacar las distintas modalidades de conexión (permanentes y reservadas, ambas ocasional o periódicamente) y los tipos de conexiones (metropolitanas o nacionales).

8.7. EJERCICIOS DE COMPROBACIÓN.

1.- La participación de Telefónica en la Red Piloto europea ATM fue:

- a) Desde el principio, formando parte del grupo de los 5 inicial
- b) A partir de la suma de 12 países al grupo inicial de los 5
- c) No participó directamente, colaborando sólo en los análisis posteriores de las pruebas
- d) Ninguna de las anteriores

2.- Los interfaces que se suelen utilizar para los accesos de clientes actualmente son:

- a) 34 Mbps eléctricos
- b) 155 Mbps eléctricos
- c) 155 Mbps ópticos
- d) 2 Mbps eléctricos

3.- El nodo que se está utilizando como tránsito en la Red Comercial ATM es:

- a) A-1000 de Alcatel
- b) AXC 2000 de Lucent
- c) APEX NPX de GDC
- d) Ninguno de los anteriores

4.- La capacidad máxima en el nodo de tránsito si se instalaran todas las tarjetas de 155 Mbps es:

- a) 32 interfaces
- b) 64 interfaces
- c) 128 interfaces
- d) 256 interfaces

5.- La capacidad máxima en el nodo de acceso si se instalaran todas las tarjetas de 155 Mbps es:

- a) 16 interfaces
- b) 32 interfaces
- c) 64 interfaces
- d) 128 interfaces

6.- En el nodo APEX NPX, las funciones de control de configuración se realizan:

- a) En una tarjeta especial que sólo hace esas funciones
- b) En una tarjeta controladora de ranura que además hace esas funciones
- c) Es un control distribuido. Cada tarjeta lleva su configuración, no teniendo ninguna el control del nodo
- d) Ninguna de las anteriores

7.- En el servicio Gigacom, se admite el tráfico de usuario en formato:

- a) Células ATM y tramas Ethernet
- b) Sólo células ATM
- c) Células ATM y tramas Frame Relay
- d) Ninguna de las anteriores

8.- En el servicio Gigacom las conexiones que se definen deben tener cierta granularidad:

- a) Sólo en ancho de banda
- b) Sólo en tiempo de duración
- c) En ambos
- d) Ninguna de las anteriores

9.- En el servicio Gigacom, el que alquila el servicio a Telefónica y responde de la factura asociada es:

- a) El usuario
- b) El cliente
- c) El Agente autorizado

d) Cualquiera de ellos

10.- El futuro servicio de velocidad variable VBR se comercializará según el texto con el nombre de:

- a) Gigacom D
- b) Gigacom C
- c) Infopista
- d) Web Gigacom

SOLUCIONARIO

1a, 2c, 3b, 4c, 5b, 6b, 7b, 8c, 9b, 10a

TEMA 9

SEÑALIZACIÓN

INTRODUCCIÓN

A los sistemas de señalización se les ha comparado clásicamente con el sistema nervioso de las redes de telecomunicación. El control que realizan de los distintos mecanismos y funciones de la red con relación a sus usuarios, permiten que la interconexión de los distintos equipos que la forman tomen vida para permitir su utilización eficiente de forma automática y en tiempo real.

Dado el actual estado del arte relativo al desarrollo de la señalización que soportará la RDSI-BA, el tema presente no hará sino dar un breve introducción a la que probablemente constituirá la señalización más potente diseñada en cualquier red de telecomunicación.

ESQUEMA DE CONTENIDO

9.1.- CONCEPTOS DE SEÑALIZACIÓN PARA RDSI-BA

9.1.1.- Conexión vs. Llamada

9.1.2.- Arquitectura de protocolos: Modelo Monolítico vs. Separado

9.1.3.- Requisitos de señalización para RDSI-BA

9.1.4.- SAAL

9.1.5.- La señalización del ATM Forum

9.1.6.- Direccionamiento

9.2.- RELEASE 1, CAPABILITY SET 1

9.2.1.- Arquitectura de protocolos

9.2.2.- Descripción de CS1 para UNI

9.2.3.- Descripción de CS1 para NNI

9.3.- RELEASE 2, CAPABILITY SET 2

9.3.1.- Arquitectura de protocolos

9.3.2.- Descripción de CS2 para UNI

9.3.3.- Descripción de CS2 para NNI

9.4.- EJERCICIOS DE COMPROBACIÓN

9.1. CONCEPTOS DE SEÑALIZACIÓN PARA RDSI-BA.

La señalización de redes de telecomunicación se puede definir como:

“el intercambio de información entre usuarios y entidades de red, o ellas entre sí, con el objetivo de establecer, mantener y liberar llamadas bajo demanda, es decir, de forma automática y sin intervención del operador de la red”

En cualquier red se pueden encontrar mecanismos de intercambio de información destinados a que los usuarios indiquen a la red (o las diversas partes implicadas de la red entre sí) qué tipo de servicio desea, o a que la red informe al usuario de la fase en la que se encuentra su comunicación. Desde las primeras redes con características de señalización rudimentarias hasta las modernas redes de señalización digitales basadas en el intercambio de mensajes y procedimientos de control avanzados, el conjunto de mecanismos dedicados a establecer, mantener y liberar comunicaciones se ha enriquecido de manera apreciable tanto en lo que respecta a la sintaxis (reglas para la interpretación de la información) como a la semántica (sentido de la información) de señalización.

En este apartado se realiza una descripción de los conceptos más relevantes de señalización aplicables a la RDSI-BA, para lo que es recomendable disponer de conocimientos básicos de las redes de señalización actuales, especialmente RDSI-BE dado que la señalización RDSI-BA es evolución de aquella y se basa en canal común, intercambio de mensajes y el modelo OSI.

9.1.1. Conexión vs. Llamada.

Resulta necesario realizar una distinción entre dos conceptos tradicionalmente unidos pero que en la RDSI-BA presentan diferencias apreciables (Recomendaciones I.112 y Q.9 de la ITU):

- **Conexión** : concatenación de canales de transmisión o circuitos conmutados de telecomunicación y otras unidades funcionales activadas para suministrar la transferencia de señales entre dos o más puntos de la red para soportar una comunicación.
- **Llamada** : asociación de dos o más usuarios y entidades de red que es establecida mediante el uso de las facilidades de la red; dicha asociación puede tener

establecidos varios o ningún mecanismo de intercambio de información dentro de esta llamada.

De estas definiciones se desprende que una llamada puede estar compuesta de una, varias o ninguna conexión, y que la primera es independiente del tipo concreto de las segundas.

Las conexiones pueden ser clasificadas en los cinco tipos, prácticamente autoexplicativos, que se recogen en la figura siguiente.

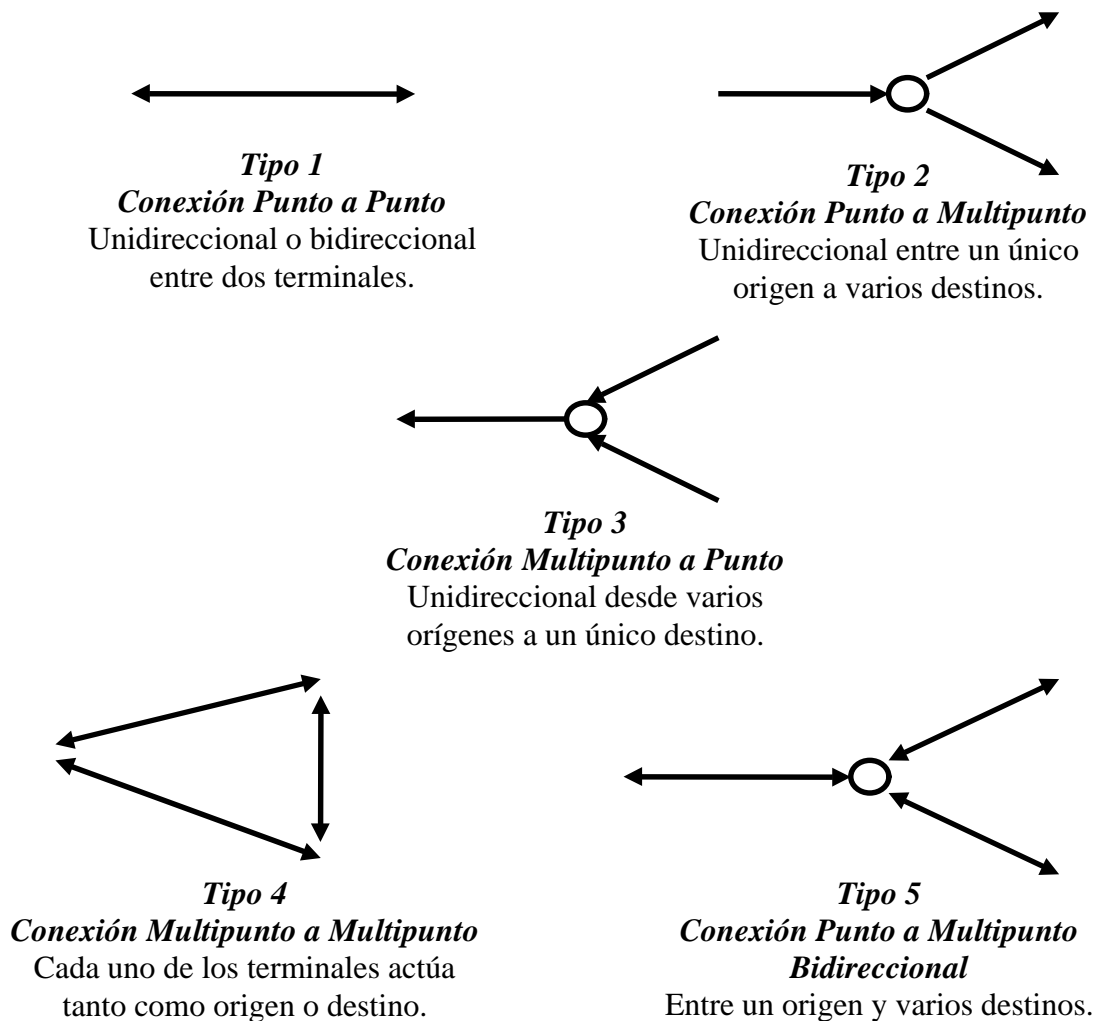


Figura 9.1. Topología de Conexiones en la RDSI-BA.

El objetivo que se persigue con este tipo de distinciones es conseguir realizar una óptima separación de las funciones asociadas a llamadas y a conexiones (como se detalla en el punto 9.1.2 siguiente) y, además, permitir la definición de nuevos servicios de distribución y comunicación entre varios usuarios involucrados en la misma transferencia de información.

Así, se podrían añadir/suprimir dinámicamente conexiones o usuarios a una llamada establecida, modificar cualquier característica de ambas, y en general un control prácticamente absoluto sobre las mismas.

9.1.2. Arquitectura de protocolos: Modelo Monolítico vs. Modelo Separado.

Los protocolos que implementan la funcionalidad requerida para un determinado sistema de señalización, se basan en modelos constituidos por un conjunto de entidades funcionales, sus acciones y los flujos de información intercambiados entre ellas.

Existen dos modelos definidos por la ITU, denominados modelo separado y modelo monolítico, que se diferencian principalmente en la separación o no de las entidades funcionales que ejercen el control de las conexiones (**BC**, *Bearer Control*) de las que realizan el control y coordinación de la llamada (**CC**, *Call Control*):

- **Modelo Monolítico** (Recomendación Q.71): los agentes de control de la llamada (CCA) interactúan con el usuario y con el control de llamada (CC), que es el encargado del establecimiento, mantenimiento y liberación de la llamada y los aspectos relacionados con las conexiones.

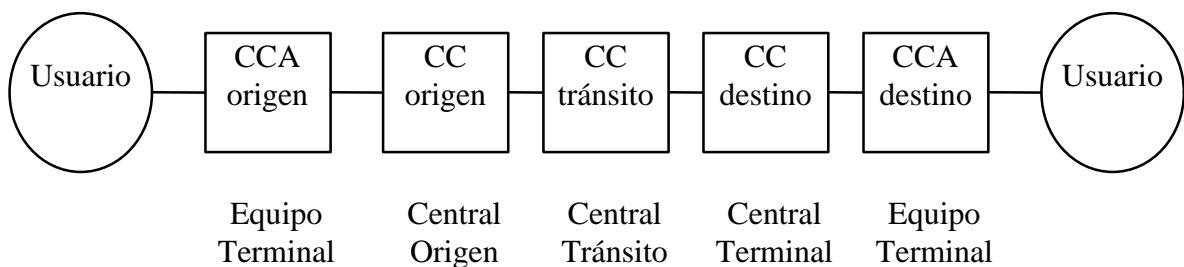


Figura 9.2. Modelo monolítico.

- **Modelo Separado** (Recomendación Q.73): se encuentran separadas las funciones de BC (establecimiento, selección y reserva de recursos, modificación dinámica, desconexión, etc. relativas a la *conexión*) y de CC (discriminación y negociación de calidad de servicio, comprobación de compatibilidad de terminales, coordinación entre BC y CC, encaminamiento de información sobre llamadas, etc.).

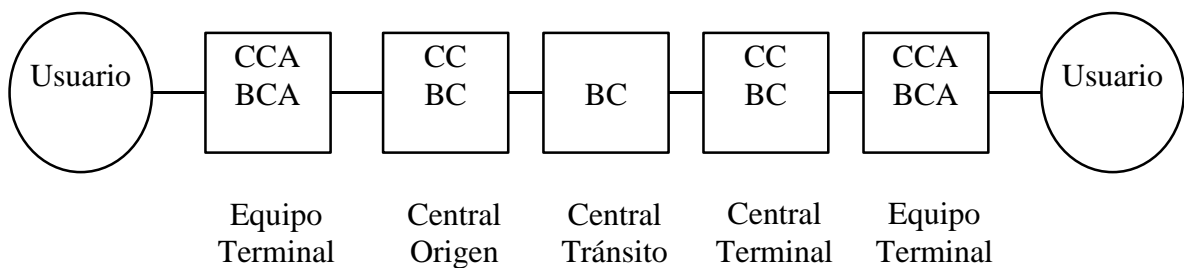


Figura 9.3. Modelo separado.

Si bien la simplicidad es la principal ventaja del modelo monolítico, el separado presenta las siguientes:

- flexibilidad para tratamiento de conexiones, sin que se impliquen las características de la llamada como tal
- hace posible la comprobación de compatibilidad entre terminales o de voluntad de recibir llamada, previa a la asignación de recursos
- la separación permite distribuir eficientemente la funcionalidad requerida en las entidades físicas de que se dispone; los nodos de tránsito, por ejemplo, no necesitan hacer funciones de CC sino sólo de BC

En los protocolos de señalización definidos para la RDSI-BA, como se verá más adelante, se ha optado por el modelo monolítico para su primera fase CS 1 (tanto en UNI como NNI), pasándose al modelo separado para NNI y monolítico en UNI en las siguientes CS 2 y 3.

9.1.3. Requisitos de la señalización para RDSI-BA.

Por la propia naturaleza de los servicios que se van a soportar en la RDSI-BA, resulta necesario proveer a ésta de unos mecanismos de señalización cuya versatilidad los haga eficientes y además posibiliten una evolución continua, tanto desde el pasado (RDSI-BE) como hacia el futuro.

Para llevar a cabo una evolución gradual de la RDSI-BE a la RDSI-BA se ha definido por parte de la ITU un mecanismo de introducción de esta última en fases o entregas (*releases*): **cada release se define por medio de la enumeración de los servicios que ofrece, que a su vez requieren unos tipos de topología de conexiones determinados.** Los protocolos de señalización que implementan cada release concreto se especifican por medio de un conjunto de capacidades de señalización (**CS**, *capability set*). En la Figura 9.4 se encuentra un esquema gráfico de la relación entre releases y CS.

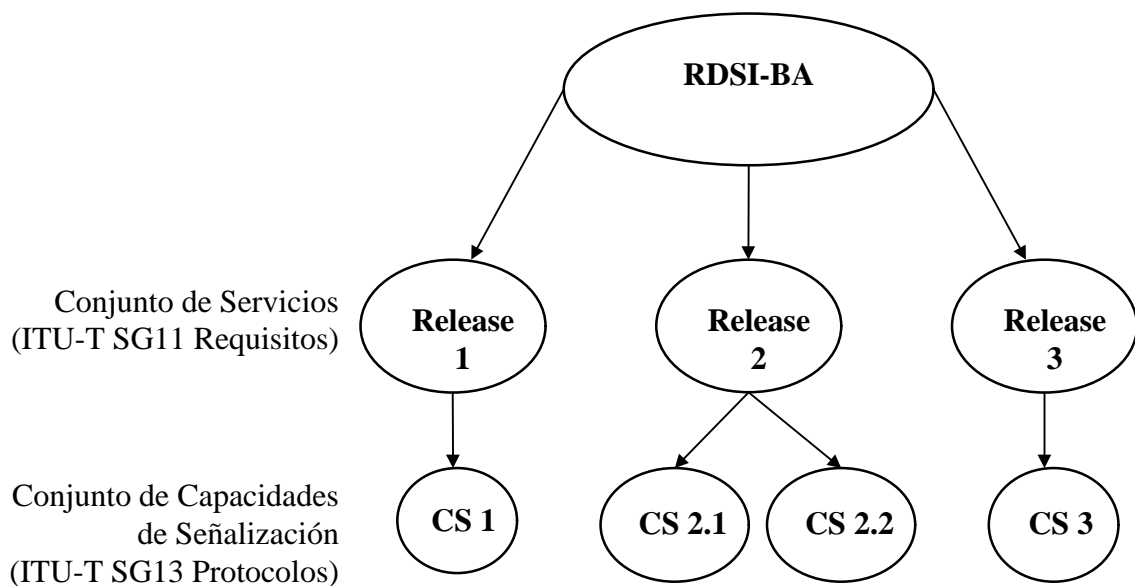


Figura 9.4. Releases y Capability Sets para RDSI-BA.

Las características básicas de los releases y sus CS asociadas, que se describen en profundidad en los apartados siguientes, se recogen a continuación:

- **Release 1 (R1)** : evolución de los protocolos de señalización de la RDSI-BE, intenta adaptarlos y reutilizarlos al máximo, manteniendo la máxima

compatibilidad entre ellos. Soporta servicios de clase A y X con topología de conexiones de tipo 1. El CS1 definido cubre casi toda la funcionalidad requerida para el R1 (salvo algún servicio suplementario):

- Llamadas punto a punto monoconexión
- Sin modificación de ancho de banda de conexión durante la llamada
- Reserva de ancho de banda en base a PCR
- Soporta subconjunto de servicios suplementarios de RDSI-BE
- **Release 2 (R2)** : evolución del R1, soportará servicios de clase B y C, para lo que necesita de conexiones con topología de tipo 2. CS2 comprende el soporte de conexiones de tipo 2 y sólo un subconjunto de las funcionalidades del R2:
 - Llamadas punto a multipunto y multiconexión
 - Con modificación de ancho de banda de conexión durante la llamada
 - Reserva de ancho de banda con ganancia estadística (PCR y SCR)
 - Negociación de características de la llamada o conexiones en fase de establecimiento
 - Renegociación de características de la llamada o conexiones en fase activa
 - Grupo de conexiones de enrutado común (*Common Route Connection Group*), para limitar retardo entre diferentes conexiones relacionadas entre sí
- **Release 3**: además de los anteriores, soportará servicios de distribución y multimedia, con conexiones de topología 3 y 4. No se encuentra especificado en la actualidad, si bien se prevé que sea necesario incluir funcionalidad de Red Inteligente para la provisión de estos nuevos servicios de banda ancha, dado el potente sistema de control involucrado.

El camino seguido en la ITU para la elaboración del protocolo de señalización comienza con la descripción del servicio (lo que debe hacer la red desde el punto de vista del servicio), para pasar después a la especificación de señalización mediante el proceso de identificación de las características que debe cumplir el protocolo para satisfacer los requerimientos del usuario. Estos requerimientos de señalización se convierten en unos determinados conjuntos de capacidades de señalización (CS), que se materializan por fin en los protocolos.

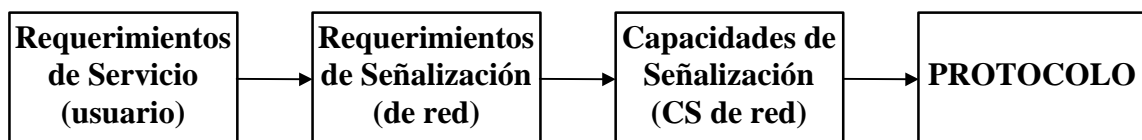


Figura 9.5. Fases para la definición de los protocolos de señalización en ITU.

9.1.4. SAAL.

El transporte de la información de señalización se realizará por medio de la capacidad de transferencia que el propio ATM provee, es decir, los protocolos de señalización serán transportados sobre las capas Física, ATM y AAL; una parte de esta última, al depender del servicio que en este caso es la señalización, ha sido definida y denominada AAL para Señalización (**SAAL**, *Signalling ATM Adaptation Layer*), en las Recomendaciones de la ITU:

- **Q.2100**, “*Capa de Adaptación ATM para Señalización*”
- **Q.2110**, “*SSCOP para SAAL*”
- **Q.2130**, “*SSCF para SAAL en el UNI*”
- **Q.2140**, “*SSCF para AAL en el NNI*”

Nótese que se soportará tanto la señalización en el interfaz UNI como en el NNI por medio de las tres mencionadas capas. Asimismo, la SAAL se ha especificado para ser usada en todas la capability sets de señalización.

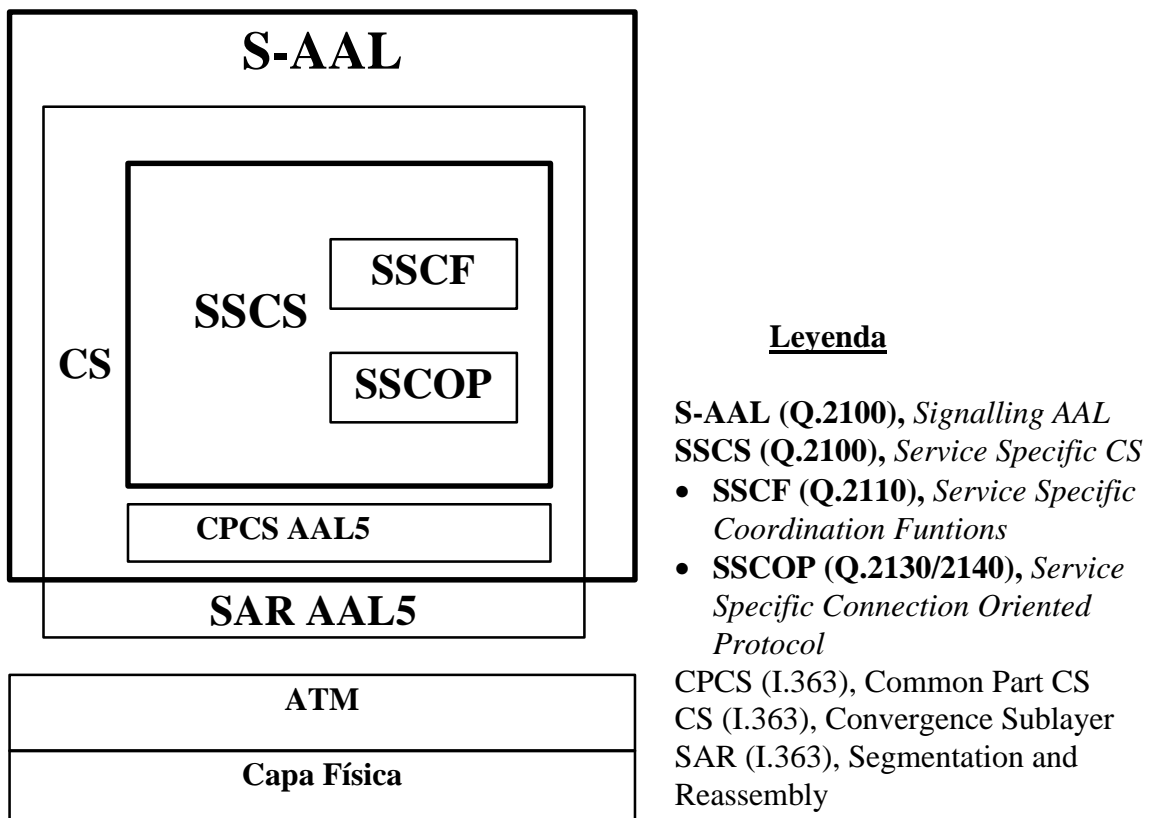


Figura 9.6. Torre de protocolos de señalización.

La SAAL usa los servicios ofrecidos por la Parte Común de la Subcapa de Convergencia CPCS y la Subcapa de Segmentación y Reensamblado SAR tal y como estaban definidas para la AAL5: al fin y al cabo los protocolos de señalización no son más que una “aplicación” de transmisión de datos. Por su parte, la SAAL adapta estas las características de transferencia a las requeridas por los servicios de señalización.

Para llevar a cabo este objetivo la SAAL se estructura en dos subcapas que forman la Subcapa de Convergencia Específica de Servicio (SSCS) dentro de la CS:

- Funciones de Coordinación Específicas de Servicio (SSCF), del que se tienen dos versiones, una para el interfaz UNI y otra para el NNI, debido a los distintos requerimientos de señalización de capa 3 en los interfaces usuario-red y red-red.
- Protocolo Orientado a Conexión Específico de Servicio (SSCOP), que realiza las funciones siguientes:
 - transferencia de datos de usuario con integridad de secuencia
 - corrección de errores por retransmisión
 - control de flujo
 - control de conexión
 - informe de errores a la capa de gestión
 - mantenimiento de la conexión en ausencia prolongada de transferencia de datos
 - extracción local de datos por el usuario
 - detección de errores de información de control de protocolo
 - informe de situación

9.1.5. La señalización del ATM Forum.

Por lo que respecta a la normalización de la señalización de redes ATM, es preciso mencionar al menos al organismo que en la actualidad está ejerciendo una labor más que fructífera. **El ATM Forum está compuesto principalmente por suministradores y usuarios** que provienen de la interconexión de ordenadores y de conmutación de paquetes en entornos privados, organizado en grupos de trabajo que editan acuerdos de implementación específicos relativos a distintos aspectos de ATM (normalmente en periodos de tiempo menores que los requeridos por la ITU).

El ATM Forum ha definido tres tipos de interfaces de señalización:

- **UNI** (*User to Network Interface*), para acceso de usuario a nodos de la red, de la que existen tres versiones: UNI 3.0, UNI 3.1 (soportando llamadas punto a punto y

punto a multipunto, respuesta automática por ordenador, no interfuncionamiento con RDSI y UNI 4.0 (distintos tipos de QoS y tráfico, alineación con ITU).

- **P-NNI** (*Private Network to Network Interface*), para interconexión de nodos de red en entornos privados, que se ha basado en el trabajo de UNI 3.1 y 4.0 para desarrollar un protocolo similar denominado **IISP** (*Interim Inter-switch Signalling Protocol*) que proporciona, entre otros, los medios de configurar la información de rutado manualmente en cada nodo.
- **B-ICI** (*Broadband-InterCarrier exchange Interface*), en fase de especificación, para la conexión entre distintos operadores (públicos) y basado en las recomendaciones de la ITU CS2.1 para asegurar la máxima compatibilidad.

Debe destacarse, por último, que mientras el estado de los protocolos de señalización no se encuentre cerrado, algunos proveedores han desarrollado sus protocolos propietarios, como por ejemplo el **SPANS** (*Simple Protocol for ATM Network Signalling*) de FORE Systems.

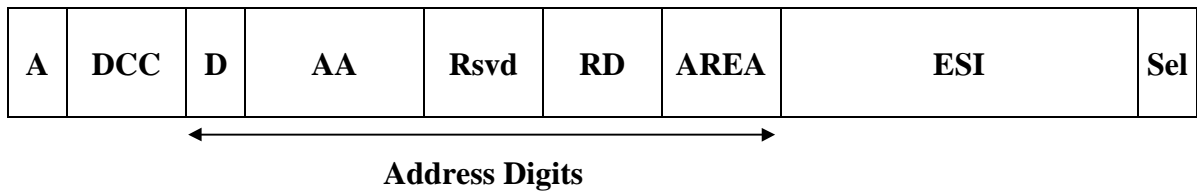
9.1.6 Direccionamiento.

El direccionamiento de la red ATM para las estaciones terminales se realiza en base a tres estructuras de dirección definidas por el ATM Forum y la ITU. Todas ellas constan de 20 bytes (nótese que otras direcciones, como las de IP con 4 bytes, son sensiblemente más cortas) con ciertas características comunes. Los 13 bytes de encabezamiento son asignados por la red mientras que los restantes 7 identifican la estación final, como se ve en la figura siguiente.

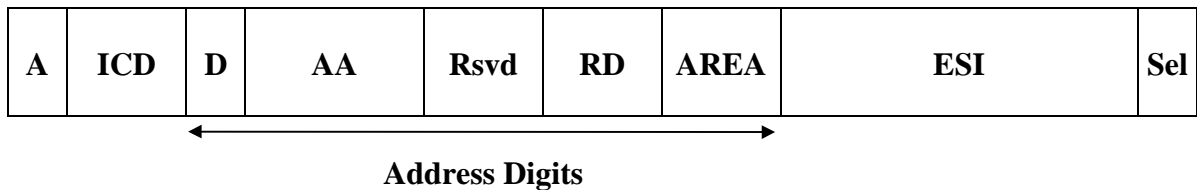
Las direcciones de formato DCC e ICD tienen estructura jerárquica dentro de sus dígitos de dirección para permitir rutados más simples. En el formato E.164, esta Recomendación de ITU define la codificación a emplear.

La complejidad asociada a los 20 bytes de dirección proviene del hecho de que es necesario adoptar un sistema de numeración suficientemente potente para acomodar direcciones tanto privadas como públicas y con distintos organismos de asignación.

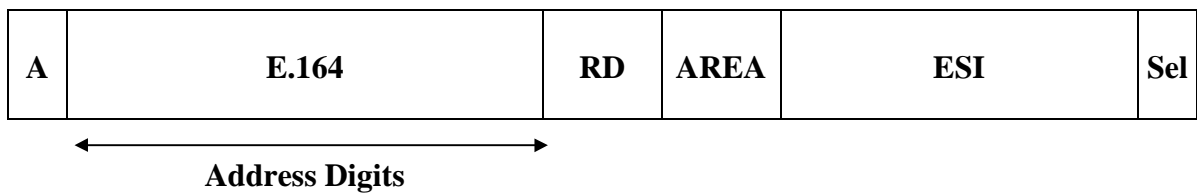
DATA COUNTRY CODE "DCC" FORMAT (NSAP Address)



INTERNATIONAL CODE DESIGNATOR "ICD" FORMAT (NSAP Address)



E.164 ADDRESS



Notas:

A (AFI, Authority and Format Identifier): 1 byte, especifica el formato de dirección usado (39 si DCC, 49 si ICD, 45 si E.164).

DCC (Data Country Code): 2 bytes, dónde se ha efectuado el registro de la dirección.

ICD (International Code Designator): 2 bytes, dónde se ha efectuado el registro.

D (DFI, Domain Format Identifier): 1 byte, define la estructura del resto de la dirección.

AA (Administrative Authority): 3 bytes, organización responsable del resto de dirección.

Rsvd: 2 byte reservados.

RD (Routing Domain): 2 bytes.

Area: 2 bytes, área dentro del RD.

ESI (End System Identifier): 6 bytes, sistema final dentro del área, p.ej. dirección MAC.

Sel (Selector): 1 byte, posible uso en los sistemas finales, no en enrutado.

E.164: dirección del plan de numeración telefónico (Rec. E.164 de ITU).

Figura 9.7. Direcciones usadas en redes ATM.

Algunos conceptos clave para entender el desarrollo de la señalización de banda ancha son:

- Distinción entre Conexión (concatenación de canales y entidades para soportar una comunicación) y Llamada (asociación entre usuarios, con o sin mecanismos de transferencia de información, que puede constar de ninguna, una o más conexiones).

- Arquitectura de protocolos de modelo Monolítico (sin separación entre las entidades que ejercen el control de las conexiones y las de las llamadas) y Separado (con clara distinción entre ambas).

- Aproximación de desarrollo por fases (Releases) implementadas por medio de conjuntos de capacidades de señalización (Capability Sets): actualmente definidas las R1-CS1, R2-CS2.1/CS2.2 y R3-CS3.

- Arquitectura de protocolos de capa AAL (Signalling-AAL) basada en AAL5 más SSCS (SSCOP y SSCF).

- Diversidad de organismos de normalización: aparte de la ITU, importancia del ATM Forum con especificaciones en fases (UNI3.0, UNI3.1 y UNI4.0) y diversidad de interfaces (UNI de acceso, P-NNI de red privada y B-ICI entre redes -públicas-).

- Direccionamiento en base a tres formatos: DCC, ICC y E.164.

9.2. RELEASE 1, CAPABILITY SET 1.

Las Recomendaciones relativas al Release 1 Capability Set 1 tratan básicamente del establecimiento y liberación de una conexión ATM simple entre dos usuarios, soportando servicios de clase A y X con topología de conexiones de tipo 1, concretamente: llamadas punto a punto monoconexión sin modificación de ancho de banda durante la llamada, reserva de ancho de banda en base a PCR y soporte de un subconjunto de servicios suplementarios de RDSI-BE.

9.2.1. Arquitectura de protocolos.

Como se encuentra esquematizado en la figura siguiente, la arquitectura de protocolo de señalización del CS1 se encuentra estructurada en:

- Tres capas inferiores comunes, clásicas del modo de transferencia asíncrono: Física, ATM y SAAL (con la salvedad ya mencionada de que SSCF es distinta para UNI que para NNI).
- Capas superiores, donde cabe distinguir si el interfaz es
 - UNI, cuya capa superior la define la Rec. Q.2931, tomando el conjunto de la señalización como nombre genérico **DSS2** (*Digital Subscriber Signalling system 2*, Sistema de Señalización de Abonado Digital 2), evolución del DSS1 de RDSI-BE
 - NNI, tomando el conjunto de la señalización como nombre genérico PUSI-B (**B-ISUP**, *Broadband-Integrated Services User Part*), evolución de la PUSI de RDSI-BE incluida en el Sistema de Señalización número 7.

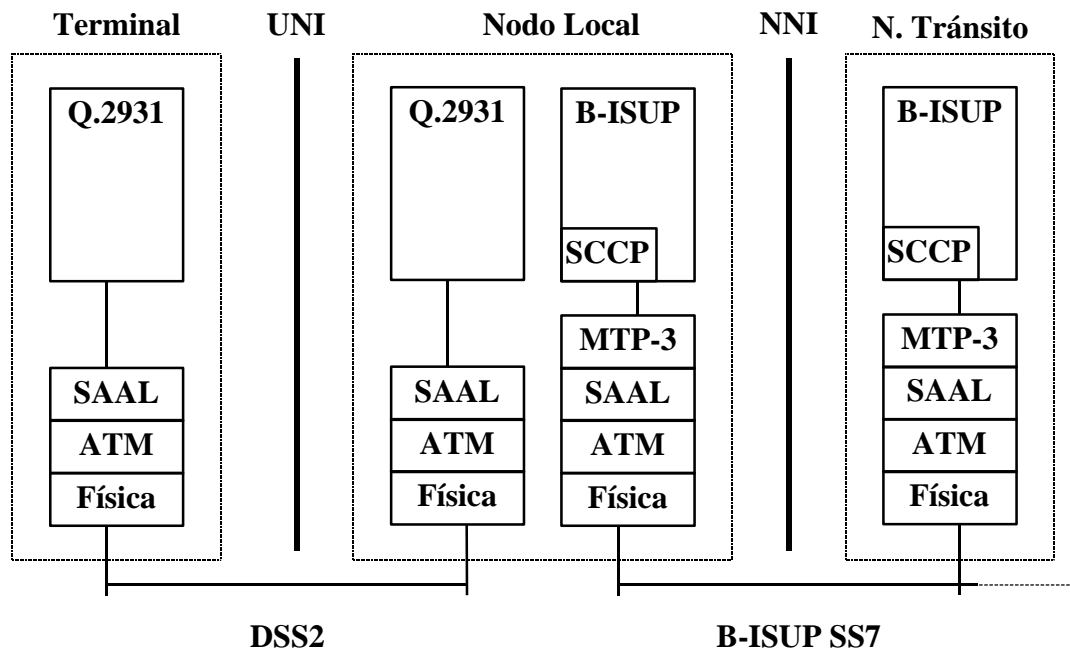


Figura 9.8. Arquitectura de protocolo de señalización CS1.

9.2.2. Descripción de CS1 para UNI.

Las funciones que se llevan a cabo en el CS1 en el interfaz UNI son relativas al establecimiento, mantenimiento y liberación bajo demanda de llamadas entre dos usuarios, mediante conexiones punto a punto (topología de tipo 1).

Las Recomendaciones aplicables de la ITU son:

- **Q.2931** “Especificación de capa 3 para llamada básica y control de la conexión”
- **Q.2951** “Servicios suplementarios”
- **Q.2957** “Servicio suplementario información usuario a usuario”
- **Q.2610** “Uso de causas en DSS2 y B-ISUP”
- **Q.2650** “Interfuncionamiento entre DSS2 y B-ISUP”

El formato de mensaje genérico definido es el que se muestra en la Figura 9.9, que consta de:

- discriminador de protocolo, de 1 byte
- valor de la referencia de llamada, de 1 a 4 bytes
- tipo de mensaje (con indicador de compatibilidad), de 2 bytes
- longitud del mensaje excluidos campos comunes, de 2 bytes
- elementos de información, a su vez compuestos de
 - tipo de elemento de información, de 2 bytes
 - longitud del mensaje excluidos campos comunes, de 2 bytes
 - contenido específico, de 1 a 25 bytes

Discriminador de protocolo
Referencia de llamada
Tipo de mensaje
Indicador de longitud
Elementos de información

Figura 9.9. Formato de mensaje Q.2931 DSS2.

Si bien no se pretende hacer un recorrido exhaustivo por los distintos parámetros incluidos en los mensajes, algunos elementos específicos de ATM (no presentes en la señalización DSS1 para RDSI-BE) son:

- identificador de VPI/VCI
- capacidad portadora de banda ancha utilizada (A, X o incluso C dado que en CS1 UNI se puede definir una conexión de velocidad variable aunque se haga realmente reserva de recursos en pico)
- descriptor de tráfico (PCR)
- parámetros de calidad de servicio

Como se muestra en la figura siguiente, el intercambio de mensajes tanto para UNI como NNI es similar al desarrollado para la RDSI-BE.

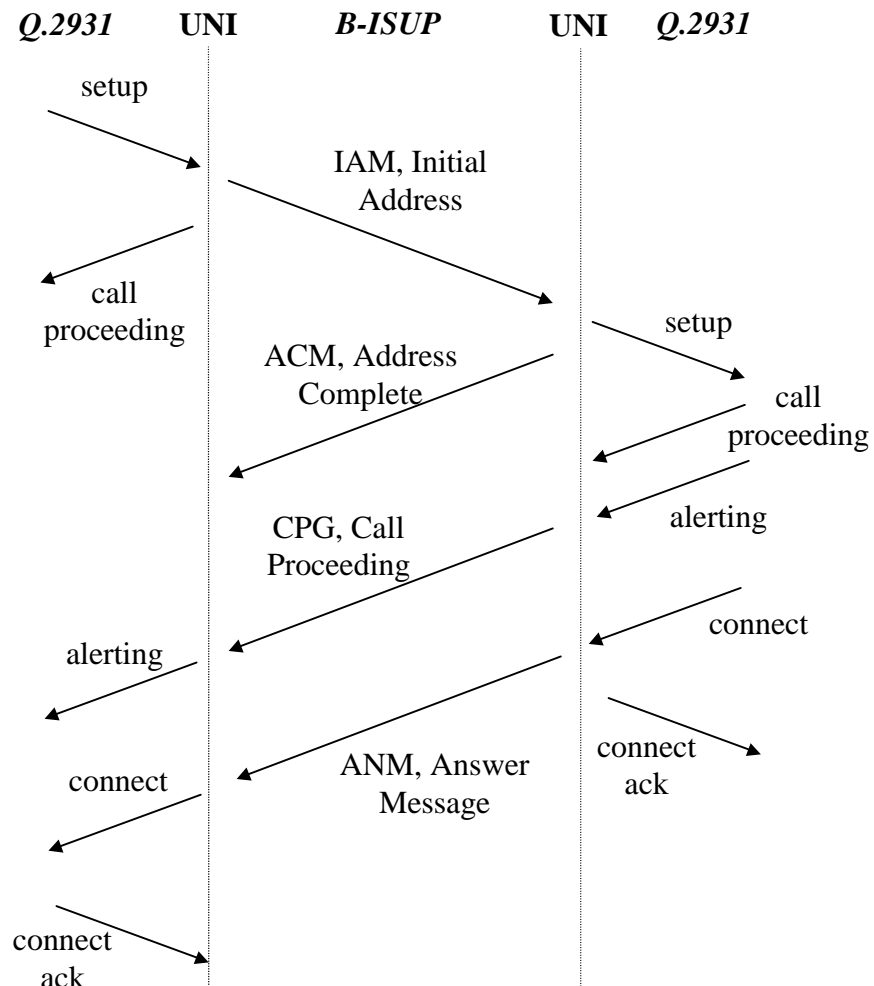


Figura 9.10. Ejemplo de secuencia de mensajes CS1.

En la tabla siguiente se recogen, a modo de esquema, las capacidades básicas definidas en la Q.2931 y los servicios suplementarios de la Q.2951.

	Capacidades Básicas Q.2931	Servicios Suplementarios Q.2951	
CS1	Conexiones VC conmutadas bajo demanda	CLIP, Presentación de identificación de línea llamante	
	Conexiones conmutadas punto a punto	CLIR, Restricción de identificación de línea llamante	
	Conexiones con anchos de banda simétricos y asimétricos	COLP, Presentación de identificación de línea conectada	
	Llamadas compuestas por una sola conexión	COLR, Restricción de identificación de línea conectada	
	Funciones básicas de señalización a través de mensajes, elementos de información y procedimientos	DDI, Marcación directa de extensiones	
	Servicios de transporte ATM de clases X y A	MSN, Número múltiple de abonado	
	DSS2	Petición e indicación de parámetros de señalización	SUB, Subdireccionamiento
		UNI	Negociación de la etiqueta de VPI/VCI
	Definido estáticamente un único canal para todos los mensajes de señalización (VC=5), sin señalización en difusión ni metaseñalización		
	Recuperación de errores		
Formatos de direccionamiento para la interfaz pública UNI			
Identificación de compatibilidad de parámetros extremo a extremo			
Interfuncionamiento con RDSI-BE a nivel de señalización y servicios			
Mecanismos de compatibilidad con versiones futuras de señalización			

Tabla 9.1. Capacidades básicas y servicios suplementarios de DSS2 CS1.

9.2.3. Descripción de CS1 para NNI.

La interfaz NNI definida por la ITU para el CS1 se basa en la parte de usuario de la RDSI-BE del Sistema 7, siendo la evolución de ésta (véase la figura anterior) y proporcionando las funciones de señalización necesarias para soportar los servicios básicos y suplementarios de aplicación en CS1.

Las Recomendaciones aplicables de la ITU son:

- **Q.2660** “Interfuncionamiento B-ISUP / N-ISUP”
- **Q.2730** “Servicios suplementarios en la B-ISUP”
- **Q.2761** “B-ISUP: Descripción funcional”
- **Q.2762** “B-ISUP: Funciones generales de los mensajes y señales”
- **Q.2763** “B-ISUP: Códigos y formatos”
- **Q.2764** “B-ISUP: Procedimientos de llamada básica”

El formato de mensaje genérico definido es el que se muestra en la Figura 9.11, junto a la especificación del mecanismo de partes obligatorias y variables y punteros similar al de la PUSI-BE:

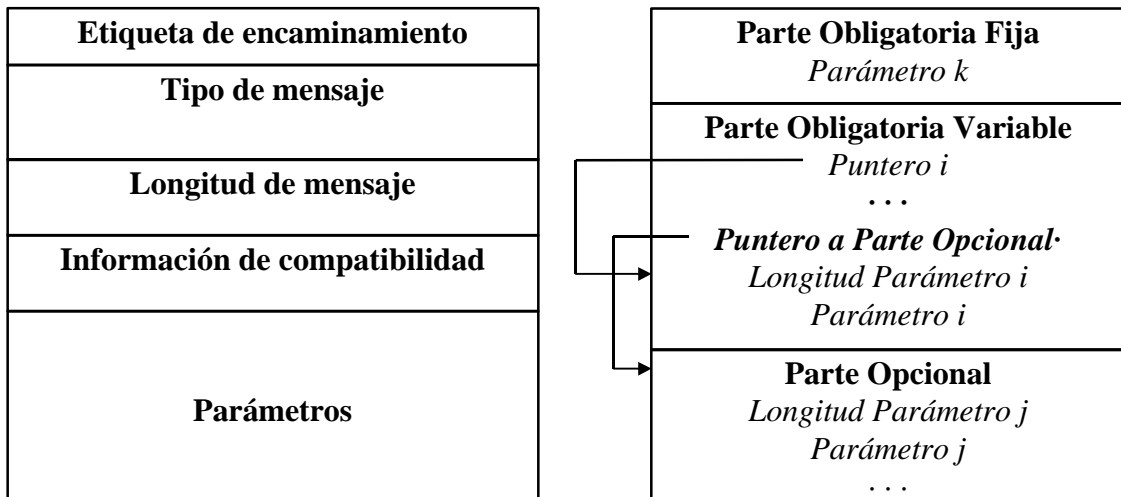


Figura 9.11. Formato de mensaje B-ISUP.

El Release 1 Capability Set 1 trata del establecimiento y liberación de una conexión ATM simple entre dos usuarios, soportando servicios de clase A y X, sobre AAL5+SSCOP+SSCF, con:

Configuraciones:

- conexiones punto a punto bidireccional (tipo 1)*
- llamadas bajo demanda*

Capacidades:

- llamadas monoconexión*
- señalización por canal común*
- reserva de recursos en pico (PCR)*
- interfuncionamiento con RDSI-BE*

El UNI se especifica básicamente en la Rec. 2931, mientras que para NNI son las Rec. 2761 a 2764.

9.3. RELEASE 2, CAPABILITY SET 2.

Las Recomendaciones relativas al Release 2 Capability Set 2 tratan básicamente de la extensión del R1 para soportar conexiones multimedia y multiusuario, con servicios de clase B y C, para lo que necesita de conexiones con topología de tipo 2.

CS2 comprende el soporte de conexiones de tipo 2 y un sólo un subconjunto de las funcionalidades del R2: llamadas punto a multipunto y multiconexión con modificación de ancho de banda de conexión durante la llamada, reserva de ancho de banda con ganancia estadística (PCR y SCR), negociación de características de la llamada o conexiones en fase de establecimiento, renegociación de características de la llamada o conexiones en fase activa y grupo de conexiones de enrutado común para limitar retardo entre diferentes conexiones relacionadas entre sí.

9.3.1. Arquitectura de protocolos.

En la siguiente figura se esquematiza la arquitectura de protocolos definida para el Release 2 Capability Set 2 en el interfaz usuario-red, que incrementa la funcionalidad

previamente ofrecida por el CS1 (vía SAAL y Q.2931) permitiendo la posibilidad de efectuar llamadas multiconexión punto a punto, modificar dinámicamente las características de la llamada, realizar llamadas punto a multipunto y soporte de procedimientos de Look Ahead (comprobación previa al establecimiento de la llamada sin asignación de recursos).

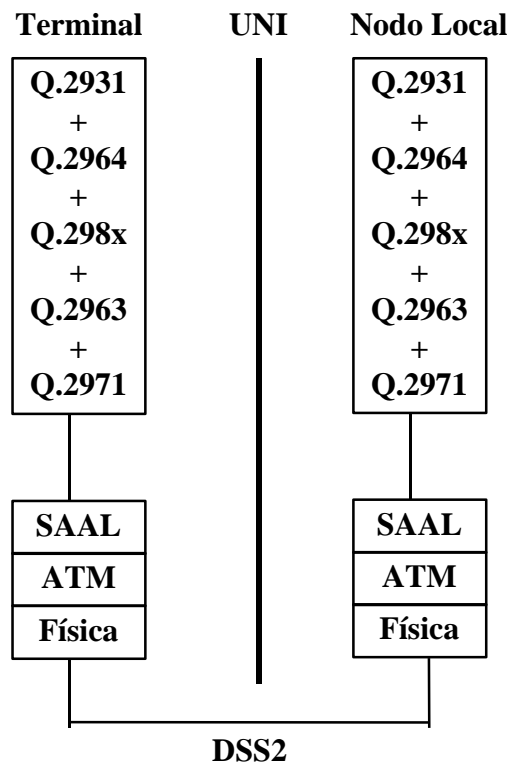


Figura 9.12. Arquitectura de protocolos para UNI CS2.

Si bien en la interfaz UNI se ha mantenido el modelo monolítico de protocolos se proporcionan los medios para soportar mejoras de la funcionalidad ofrecida, en la interfaz red-red NNI se ha optado por un modelo separado que permita una mejor definición e implementación de las funciones relativas a conexión y las relativas a llamada, dado que se prevén llamadas multiconexión y multipunto. El conjunto de protocolos de señalización NNI se denomina ISCP (*ISDN Signalling Control Part*).

9.3.2. Descripción de CS2 para UNI.

En la definición del CS2 se ha optado por una aproximación incremental de la funcionalidad ofrecida, por lo que se han definido tres áreas prioritarias de interés que constituyen el denominado CS2.1:

- **Negociación / Modificación :**
 - **Q.2961** “*Soporte de parámetros de tráfico adicionales*”, en la que se definen tanto los procedimientos del protocolo como los formatos y funciones necesarias para el soporte de las capacidades adicionales al UNI CS1 relacionadas con el tráfico ATM, como servicios portadores orientados a conexión de banda ancha (**BCOB**, *Broadband Connection Oriented Bearer services*) de clases C (VBR sin requisitos de temporización) y X (AAL definida por el usuario), soporte a ABR y ABT y definiciones relativas a CDVT y tagging.
 - **Q.2962** “*Negociación de las características de la conexión en fase de establecimiento*”, que especifica los procedimientos y elementos de información para la negociación por mensajes de las características de la conexión durante el establecimiento de la llamada.
 - **Q.2963** “*Modificación de la conexión durante la fase activa*”, que especifica los estados, elementos de información y procedimientos para soportar la capacidad de modificación de las características de la conexión por medio de mensajes, como: incremento y decremento de ancho de banda para VBR, modificación de conexión punto a punto, modificación de una conexión.
 - **Q.2964** “*Capacidad de Look-Ahead*”, que actualmente se define en términos de mensajes y procedimientos asociados para la comprobación previa al establecimiento de la llamada sin asignación de recursos; se encuentra en estudio la utilización de protocolos de nivel de aplicación (**ROSE**, *Remote Operation Service Element*) como alternativa.
- **Multipunto Q.2971** “*Control de llamada/conexión punto a multipunto en B-ISDN DSS2 UNI*”, que especifica los procedimientos para el establecimiento, control y liberación de llamadas/conexiones punto a multipunto unidireccionales (tipo 2) por intercambio de mensajes.
- **Multiconexión Q.2981** “*Control de llamadas multiconexión punto a punto en B-ISDN DSS2 UNI*”, que especifica los estados, mensajes, elementos de información y procedimientos adicionales necesarios para el soporte de conexiones tipo 1, vía intercambio de mensajes. Nótese que durante la fase activa de la llamada se puede tanto añadir nuevas conexiones como liberarlas. La extensión de la capacidad soportada por la Q.2931 se concreta en: establecimiento simultáneo de

llamada/conexión para más de una conexión tipo 1, soporte de grupo de conexión de enrutado común, liberación de una conexión de una llamada existente, información del estado de cada conexión activa entre las entidades de señalización, compatibilidad con equipos CS1 para llamadas simples punto a punto y, por último, la adhesión de conexiones a una llamada existente.

- **Misceláneas :**

- **Q.2932** “*Protocolo Funcional Genérico para el soporte de servicios suplementarios*”.
- **Q.2933** “*Especificación de señalización B-ISDN DSS2 para servicio Frame Relay*”.
- **Q.29xy** “*Soporte de prioridad*”.

9.3.2. Descripción de CS2 para NNI.

De igual forma que para el UNI, el CS2 para NNI se ha dividido en varios *steps* o fases, de cuya funcionalidad el CS2.1 incluye:

- **Q.27BB** “*Control de llamadas/conexiones punto a multipunto en B-ISDN B-ISUP*”, que describe los procedimientos de la Parte de Usuario mínimos para el establecimiento y liberación de conexiones punto a multipunto.
- **Q.27CC** “*Control de llamadas multiconexión punto a punto en B-ISDN B-ISUP*”, que describe los procedimientos de control en NNI para el establecimiento simultáneo de llamadas y conexiones, adición de conexiones a una llamada mono o multiconexión previamente establecida, liberación de conexiones y de llamada.
- **Q.27DD** “*Capacidad Extremo a Extremo (para Look-Ahead)*”, basado en TCAP (modelo ROSE), para soportar Look-Ahead: verificación de disponibilidad/incompatibilidad de terminal, negociación de parámetros de señalización, identificación de conjuntos comunes de atributos o componentes de servicio para llamadas multiusuario, provisión de ciertos servicios suplementarios. El estudio de capacidades de extremo a extremo, si bien se encuentran especificados para el Look-Ahead, pretenden definir una arquitectura de protocolo flexible para servicios futuros.
- **Q.27EE** “*Procedimientos de modificación en B-ISDN B-ISUP*”, para proveer de mecanismos de modificación de parámetros (como tasa de células de usuario) durante la fase activa de la llamada/conexión. Estos procedimientos sólo pueden ser iniciados por el propietario de la conexión, se aplicarán de forma secuencial y no incluyen procedimientos de reencaminamiento ni re-establecimiento.
- **Q.27FF** “*Parámetros de tráfico adicionales en B-ISDN B-ISUP*”, extensión de B-ISUP para soporte de SCR y MBS. En relación a la Q.2764 relativa a

procedimientos básicos de llamada del CS1 NNI, incluye las primitivas, mensajes y parámetros adicionales necesarios.

- **Q.27GG** “*Negociación de las características de la conexión durante el establecimiento de la llamada en B-ISDN B-ISUP*”, en relación a la Q.2764 relativa a procedimientos básicos de llamada del CS1 NNI, incluye las primitivas, mensajes y parámetros adicionales necesarios.

El Release 2 Capability Set 2 trata de la extensión del R1 para soportar conexiones multimedia y multiusuario, con servicios de clase B y C; el CS2.1 es un subconjunto de la funcionalidad global prevista para el CS2, concretamente:

Configuraciones:

- *conexiones punto a punto bidireccional (tipo 1)*
- *conexiones punto a multipunto unidireccionales (tipo 2)*
- *llamadas bajo demanda*

Capacidades:

- *llamadas multiconexión*
- *negociación/modificación/Look-Ahead*
- *soporte a distintos tipos de tráfico: CBR, VBR, ABR, ABT*
- *soporte de Frame Relay*

Resumen

Algunos conceptos clave del desarrollo de la señalización de RDSI-BA son:

- *Distinción entre Conexión y Llamada.*
- *Arquitectura de protocolos de modelo Monolítico y Separado.*
- *Aproximación de desarrollo en Releases y Capability Sets.*
- *Capa AAL (Signalling-AAL) basada en AAL5 más SSCS (SSCOP y SSCF).*
- *Normalización: ITU (R1/2/3, UNI-NNI), ATM Forum (UNI, PNNI y BICI).*
- *Direccionamiento en base a tres formatos: DCC, ICC y E.164.*

El Release 1 CS1 trata del establecimiento y liberación de una conexión ATM simple entre dos usuarios, soportando servicios de clase A y X, sobre AAL5 + SSCOP + SSCF, UNI especificado en Rec. Q.2931, NNI en Rec. Q.2761-2764, con:

- *conexiones punto a punto bidireccional (tipo 1)*
- *llamadas bajo demanda*
- *llamadas monoconexión*
- *señalización por canal común*
- *reserva de recursos en pico (PCR)*
- *interfuncionamiento con RDSI-BE*

El Release 2 CS 2 trata de la extensión del R1 para soportar conexiones multimedia y multiusuario, con servicios de clase B y C; el CS2.1 es un subconjunto de la funcionalidad global prevista para el CS2, concretamente:

- *conexiones punto a punto bidireccional (tipo 1)*
- *conexiones punto a multipunto unidireccionales (tipo 2)*
- *llamadas bajo demanda*
- *llamadas multiconexión*
- *negociación/modificación/Look-Ahead*
- *soporte a distintos tipos de tráfico: CBR, VBR, ABR, ABT*
- *soporte de Frame Relay*

9.4. EJERCICIOS DE COMPROBACIÓN.

1.- La diferencia entre señalización y gestión es:

- a) La primera es sin intervención del operador
- b) La primera es automática
- c) Todas las anteriores
- d) Ninguna de las anteriores

2.- ¿Cuántas conexiones caben en una llamada?

- a) Al menos 1
- b) Tantas como el usuario desee
- c) Depende del tipo de llamada (tipo 1 a 5)
- d) Al menos 0

3.- La SAAL utilizada se apoya en:

- a) AAL de clase C y D
- b) AAL de tipo 3/4
- c) AAL de tipo 5
- d) Capa ATM

4.- La señalización del ATM Forum:

- a) Es totalmente compatible con la del ITU
- b) Su compatibilidad con ITU depende de la versión
- c) Es incompatible con ITU y no se prevé interfuncionamiento

5.- Las direcciones de red para RDSI-BA:

- a) Son de longitud variable para acomodar direcciones tanto públicas como privadas
- b) Son de longitud constante para caber en el payload ATM
- c) Tienen 20 bits de longitud fija
- d) Tienen 20 bytes de longitud fija

6.- Para utilizar topologías de conexiones tipo 2 punto a multipunto con señalización, hace falta al menos:

- a) ITU CS1
- b) ATM Forum UNI 4.0
- c) ITU CS2
- d) ATM Forum P-NNI 3.1

7.- El concepto similar a ITU DSS2 es la señalización:

- a) ICD
- b) IISP
- c) P-NNI
- d) UNI

8.- Según el texto, el look-ahead lo implementará:

- a) ITU CS2
- b) ITU CS1
- c) ATM Forum UNI 4.0
- d) ATM Forum P-NNI 4.0

9.- Las conexiones de tipo 2 son:

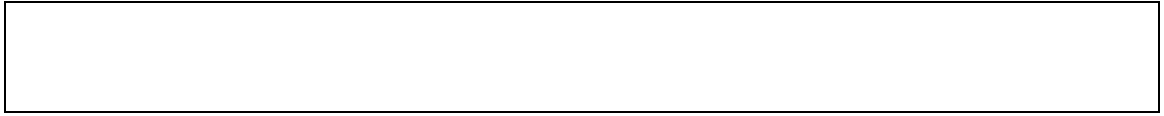
- a) punto a multipunto unidireccional
- b) multipunto a punto
- c) punto a punto bidireccional
- d) punto a multipunto bidireccional

10.- ¿Qué recomendación es clave en la señalización de abonado (UNI) de RDSI-BA?

- a) Q.2110
- b) Q.2963
- c) Q.2931
- d) O.3921

SOLUCIONARIO

1c, 2d, 3c, 4b, 5d, 6c, 7d, 8a, 9a, 10c



GLOSARIO

GLOSARIO

AAL	ATM Adaptation Layer, Capa de adaptación ATM
ABR	Available Bit Rate, Velocidad de bit disponible
ABT/DT	ATM Block Transfer/Delayed Transmission, Transferencia de bloques ATM con transmisión retardada
ABT/IT	ATM Block Transfer/Immediate Transmission, Transferencia de bloques ATM con transmisión inmediata
ACM	Address Complete Message, Mensaje de dirección completa (MDC)
ACM	Adaptive Clock Method, Método de reloj adaptativo
ADSL	Asymmetrical Digital Subscriber Loop, Bucle asimétrico de usuario digital
AIS	Alarm Indication Signal, Señal de indicación de alarmas
ANM	ANswer Message, Mensaje de contestación
ANSI	American National Standards Institute, Instituto de estándares nacional americano
API	Application Program Interface, Interfaz de programación de aplicaciones
APS	Automatic Protection Switching, Protección automática de conmutación
ARP	Address Resolution Protocol, Protocolo de resolución de direcciones
ATD	ATM Traffic Descriptor, Descriptor de tráfico ATM
ATDM	Asynchronous Time Division Multiplexing, Multiplexación por división en el tiempo asíncrona
ATM	Asynchronous Transfer Mode, Modo de transferencia asíncrono (MTA)
AU	Administrative Unit, Unidad administrativa
AUG	AU Group, Grupo de AU
BBC	Broadband Bearer Capability, Capacidad de transporte de banda ancha

B-ISDN	Broadband-Integrated Services Digital Network, Red digital de servicios integrados de banda ancha (RDSI-BA)
B-ISUP	Broadband-Integrated Services User Part, Parte de usuario de servicios integrados de banda ancha (PUSI-BA)
BC	Bearer Control, Control de conexiones
BCOB	Broadband Connection Oriented Bearer, Transporte orientado a conexión de banda ancha
BCR	Block Cell Rate, Velocidad de células del bloque
BECN	Backward Explicit Congestion Indication, Indicación de congestión explícita hacia atrás
BER	Bit Error Rate, Velocidad de errores de bit
B-ICI	B-ISDN Inter-Carrier Interface, Interfaz entre operadores RDSI-BA
BIP	Bit Interleaved Parity, Paridad de bit intercalado
BOM	Beginning Of Message, Mensaje de inicio
BTAG	Beginning Tag, Rótulo de comienzo
B-TE	Broadband-Terminal Equipment, Equipo terminal de banda ancha (ET-BA)
BT	Burst Tolerance, Tolerancia a ráfagas
BW	Bandwidth, Ancho de banda
C	Container, Contenedor
CAC	Connection Admission Control, Control de admisión de conexiones
CATV	CABLE TeleVision, Televisión por cable
CBDS	Connectionless Broadband Data Service, Servicio de datos de banda ancha no orientado a conexión
CBR	Constant Bit Rate, Velocidad de bit constante
CC	Call control, Control de llamada
CC	Continuity Check, Comprobación de continuidad

CC	Congestion Control, Control de congestión
CCITT	International Consultative Committee for Telephony and Telegraphy, Comité consultivo Internacional de telefonía y telegrafía
CCS	Common Channel Signaling, Señalización por canal común (SCC)
CDV	Cell Delay Variation, Variación de retardo de célula
CDVT	Cell Delay Variation Tolerance, Tolerancia a variación de retardo de célula
CEE	Control de errores de encabezamiento (HEC)
CELL	Célula, celda
CEQ	Customer Equipment, Equipo de usuario
CER	Cell Error Ratio, Velocidad de errores de célula
CI	Congestion Indication, Indicación de congestión
CL	ConnectionLess, No orientado a conexión
CLNAP	ConnectionLess Network Access Protocol, Protocolo de acceso a redes no orientadas a conexión
CLP	Cell Loss Priority, Prioridad de pérdida de células
CLR	Cell Loss Ratio, Velocidad de pérdida de células
CLS	ConnectionLess Server, Servidor no orientado a conexión
CLSF	ConnectionLess Server Functions, Funciones de servidor no orientado a conexión
CMIP	Common Management Interface Protocol, Protocolo para interfaz de gestión común
CMR	Cell Misinsertion Rate, Velocidad de células mal insertadas
CO	Connection Oriented, Orientado a la conexión
COM	Continuation Of Message, Mensaje de continuación
CPCS	Common Part Convergence Sublayer, Subcapa de convergencia - parte común

CPE	Customer Premises Equipment, Equipo de instalación de usuario
CPG	Call Proceeding, Llamada en curso
CRC	Cyclic Redundancy Code, Código de redundancia cíclica
CS	Convergence Sublayer, Subcapa de convergencia
CS (1/2/...)	Capability Set, Conjunto de capacidades
CSLBA	Continuous State Leaky Bucket Algorithm, Algoritmo de cubo de goteo por estado continuo
CTD	Cell Transfer Delay, Retardo de transferencia de células
CTD	Connection Traffic Descriptor, Descriptor de tráfico de conexión
DCC	Data Country Code, Código de datos del país
DCC	Data Communication Channel, Canal de comunicaciones de datos
DCE	Data Communication Equipment, Equipo de comunicación de datos
DQDB	Distributed Queue Dual Bus, protocolo de colas distribuidas y bus dual
DS (1/2/...)	Digital Signal, Señal digital (DS-1 a 1.544 kbps)
DSS (1/2)	Digital Subscriber Signaling (1/2), Señalización de abonado digital
DSU	Data Service Unit, Unidad de servicio de datos
DTE	Data Terminal Equipment, Equipo terminal de datos (ETD)
DXI	Data Exchange Interface, Interfaz de intercambio de datos
E (1/2/...)	European, Norma de transmisión digital europea (E1 a 2.048 kbps)
ECR	Explicit Cell Rate, Velocidad de células explícita
EFCI	Explicit Forward Congestion Indication, Indicación de congestión explícita hacia delante
EOM	End Of Message, Mensaje final
ER	Explicit Rate, Velocidad explícita
ESI	End System Identifier, Identificador de sistema final

ETSI	European Telecommunications Standards Institute, Instituto europeo de estándares de telecomunicaciones
FC	Feedback Control, Control de realimentación
FCS	Frame Check Sequence, Secuencia de comprobación de trama
FCS	Fast Circuit Swiching, Conmutación rápida de circuitos
FDDI	Fiber Distributed Data Interface, Interfaz de datos distribuidos por fibraz
FDM	Frequency Division Multiplexing, Multiplexación por división en la frecuencia
FEBE	Far End Block Error, Error de bloque en extremo distante
FEC	Forward Error Correction, Corrección de errores hacia delante
FR	Frame Relay
FRM	Fast Resource Management, Gestión rápida de recursos
FTTC	Fiber To The Curb, Fibra hasta la acera
FTTH	Fiber To The Home, Fibra hasta la casa
GCRA	Generic Cell Rate Algorithm, Algoritmo genérico de velocidad de célula
GFC	Generic Flow Control, Control de flujo genérico
GOS	Grade Of Service, Grado de servicio
HDLC	High level Data Link Protocol, Protocolo de enlace de datos de alto nivel
HDSL	High Digital Subscriber Loop, Bucle de abonado digital de alta velocidad
HEADER	Encabezamiento, cabecera
HEC	Header Error Control, Control de errores de encabezamiento
HFC	Hybrid Fiber-Coaxial, redes híbridas de fibra y coaxial
IAM	Initial Address Message, Mensaje inicial de dirección (MID)
IBT	Intrinsic Burst Tolerance, Tolerancia intrínseca a ráfagas
ICD	International Code Designator, Asignador de código internacional

ICR	Initial Cell Rate, Velocidad de células inicial
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers, Instituto de ingenieros eléctricos y de electrónica
IETF	Internet Engineering Task Force, grupo de desarrollo de ingeniería de Internet
ILMI	Interim Link Management Interface, Interfaz de gestión de enlaces provisional
IP	Internet Protocol, Protocolo de red para Internet
IPX	Novell Internetwork Packet Exchange, protocolo de intercambio de paquetes de Novell
ISCP	ISDN Signaling Control Part, Parte de control de señalización RDSI-BA (PCS)
ISO	International Standards Organization, Organización internacional de estándares
ITU-T	International Telecommunications Union - Telecommunications, Unión internacional de telecomunicaciones (UIT-T, antes CCITT)
JDP	Jerarquía Digital Plesiócrona (PDH)
JDS	Jerarquía Digital Síncrona (SDH)
JPEG	Joint Photographic Experts Group, Grupo de expertos de ISO para definición de normas de compresión de imágenes
LAN	Local Area Network, Red de área local (RAL)
LANE	LAN Emulation, Emulación de LAN
LAP-D	Link Access Procedure-D, Procedimiento de acceso al enlace (canal D)
LAYER	Capa, nivel
LB	Leaky Bucket, Cubo de goteo
LCT	Last Conformance Time, Último instante de conformidad
LE	LAN Emulation, emulación de LAN
LEC	LAN Emulation Client, Cliente de emulación de LAN

LES	LAN Emulation Server, Servidor de emulación de LAN
LINK	Enlace
LMF	Loss of Maintenance Flow, Pérdida de flujo de mantenimiento
LOC	Loss Of Cell delineation, Pérdida de límites de células
LOF	Loss Of Frame, Pérdida de trama
LOP	Loss Of Pointer, Pérdida de puntero
LOS	Loss Of Signal, Pérdida de señal
LSB	Least Significant Bit, Bit menos significativo
LTE	Line Terminating Equipment, Equipo de terminación de línea
MAC	Media Access Control, Control de acceso al medio
MAN	Metropolitan Area Network, Red de área metropolitana (RAM)
MAX_CR	Maximum Cell Rate, Velocidad de células máxima
MBS	Maximum Burst Size, Tamaño de ráfaga máximo
MCR	Minimum Cell Rate, Velocidad de células mínima
MIB	Management Information Base, interfaz de información de gestión
MID	Message Identifier, Identificador de mensaje
MPEG	Motion Picture Experts Group, Grupo de expertos de ISO para definición de normas de compresión de imágenes en movimiento
MPOA	MultiProtocol Over ATM, transporte de múltiples protocolos sobre ATM
MRCS	MultiRate Circuit Switching, Conmutación de circuitos de múltiple velocidad
MS-AIS	Multiplex Section-Alarm Indication Signal, Señal de indicación de alarma de sección de multiplexación
MS-FERF	Multiplex Section-Far End Receive Failure, Fallo de recepción en extremo distante de sección de multiplexación
MSOH	Multiplex Section Overhead, Tara de sección de multiplexación

MS-RDI	Multiplex Section-Remote Defect Indication, Indicación de error remoto de sección de multiplexación
MS-REI	Multiplex Section-Remote Error Indication, Indicación de error remoto de sección de multiplexación
MSB	Most Significant Bit, Bit más significativo
MT	Message Type, Tipo de mensaje
MTP	Message Transfer Part, Parte de transferencia de mensajes (PTM)
N-ISDN	Narrowband-Integrated Services Digital Network, Red digital de servicios integrados de banda estrecha (RDSI-BE)
NNI	Network Node Interface o Network to Network Interface, Interfaz de nodos de red o Interfaz entre redes
NP	Network Performance, Prestaciones de red
NPC	Network Parameter Control, Control de parámetros de red
NRM	Network Resource Management, Gestión de recursos de red
NSAP	Network Service Access Point, Punto de acceso al servicio de red
NT	Network Termination, Terminación de red (TR)
OAM	Operations Administration and Maintenance, Operaciones de administración y mantenimiento
OOF	Out Of Frame, Fuera de trama
OSI	Open Systems Interconnection, Interconexión de sistemas abiertos (ISA)
P-AIS	Path-Alarm Indication Signal, Señal de indicación de alarma en trayecto
PAD	Relleno
PAYLOAD	Carga útil de usuario
PBX	Private Branch eXchange, central privada para comunicaciones vocales
PCM	Pulse Code Modulation, Modulación por impulsos codificados (MIC)
PCR	Peak Cell Rate, Velocidad de pico de células
PDH	Plesiochronous Digital Hierarchy, Jerarquía digital plesiócrona (JDP)

PDU	Protocol Data Unit, Unidad de datos de protocolo
PEI	Peak Emission Interval, Intervalo de emisión de pico
P-FERF	Path-Far End Receive Failure, Fallo de recepción en extremo distante en trayecto
PHY	Physical, capa física
PID	Protocol Identification, Identificador de protocolo
PLCP	Physical Layer Convergence Protocol, Protocolo de convergencia de capa física
POH	Path Overhead, Tara de trayecto
POH	Path OverHead, Tara de trayecto
P-RDI	Path-Remote Defect Indication, Indicación de error remoto en trayecto
PC	Priority Control, Control de prioridad
PM	Physical Medium, Medio físico
PMD	Physical Media Dependent, subcapa dependiente de medio físico
PNNI	Private NNI, NNI privado
PRM	Protocol Reference Model, Modelo de referencia de protocolos
PT	Payload Type, Tipo de información de usuario
PTI	PT Indicator, Indicador de PT
PVC	Permanent Virtual Circuit, Circuito virtual permanente
PVCC	PVC Connection, Conexión de PVC
PVP	Permanent Virtual Path, Trayecto virtual permanente
PVPC	PVP Connection, Conexión de PVP
QOS	Quality Of Service, Calidad de servicio
R (1/2/...)	Release, fase o entrega
RBOC	Regional Bell Operating Company, Operadora regional Bell (USA)

RDI	Red Digital Integrada
RDSI-BA	Red Digital de Servicios Integrados de Banda Ancha (B-ISDN)
RDSI-BE	Red Digital de Servicios Integrados de Banda Estrecha (N-ISDN)
REM	Rate Envelope Multiplexing, Multiplexación por envolvente de velocidades
RM	Resource Management, Gestión de recursos
ROSE	Remote Operation Service Element, Elemento de operación de servicio remoto
RPCP	Red Pública de Conmutación de Paquetes
RS	Rate Sharing, Compartición de velocidad
RSOH	Regenerator Section OverHead, Tara de sección de regeneración
SAP	Service Access Point, Punto de acceso al servicio
SAR	Segmentation And Reassembly, Subcapa de segmentación y reensamblado
SBR	Statistical Bit Rate, Velocidad de bit estadística
SCCP	Signaling Connection Control Part, Parte de control de la conexión de señalización (PCCS)
SCD	Selective Cell Discard, Descarte selectivo de células
SCR	Sustainable Cell Rate, Velocidad de células sostenida
SDH	Synchronous Digital Hierarchy, Jerarquía digital síncrona (JDS)
SDT	Structured Data Transfer, Transferencia de datos estructurados
SDU	Service Data Unit, Unidad de datos de servicio
SECBR	Severely Errored Cell Block Ratio, Tasa de bloques de células con muchos errores
SES	Severely Errored Seconds, Segundos con muchos errores
SIPP	SMDS Interface Protocol, Protocolo de interfaz SMDS
SMDS	Switched Multi-megabit Data Service, Servicio de datos conmutados de alta velocidad

SN	Sequence Number, Número de secuencia
SNA	Systems Network Architecture, Arquitectura de sistemas de red de IBM
SNMP	Simple Network Management Protocol, Protocolo simple de gestión de redes
SOH	Section OverHead, Tara de sección
SONET	Synchronous Optical NETwork, Red óptica síncrona
SRTS	Synchronous Residual Time Stamp, técnica de recuperación de reloj
SS7	Signaling system 7, Sistema de señalización número 7
SSCF	Service Specific Coordination Function, Función de coordinación específica de servicio
SSCOP	Service Specific Connection Oriented Protocol, Protocolo específico de servicio orientado a conexión
SSCS	Service Specific Convergence Sublayer, Subcapa de convergencia específica de servicio
STD	Source Traffic Descriptor, Descriptor de tráfico de fuente
STM	Synchronous Transport Module, Módulo de transporte síncrono en SDH
STP	Signaling Transfer Point, Punto de transferencia de señalización (PTS)
STP	Shielded Twisted Pair, Par trenzado apantallado
STS	Synchronous Transport Signal, Señal de transporte síncrono en SONET
SVC	Switched Virtual Circuit, Circuito virtual conmutado
SVCC	SVC Connection, Conexión de SVC
SVP	Switched Virtual Path, Trayecto virtual conmutado
SVPC	SVP Connection, Conexión de SVP
TAGGING	Rotulado, etiquetado
TAT	Theoretical Arrival Time, Instante de llegada teórico
TC	Transmission Convergence, Subcapa de convergencia de transmisión

TCAP	Transaction Capabilities Applications Part, Capacidades de transacción de la parte de aplicación
TCP	Transmission Control Protocol, Protocolo de control de transmisión
TDM	Time Division Multiplexing, Multiplexación por división en el tiempo
TE	Terminal Equipment, Equipo terminal (ET)
TM	Traffic Management, Gestión de tráfico
TP	Traffic Parameter, Parámetro de tráfico
TS	Traffic Shapping, Modelado de tráfico
TU	Tributary Unit, Unidad Tributaria
TUG	TU Group, Grupo de TU
UBR	Unspecified Bit Rate, Velocidad de bit no especificada
UDP	User Datagram Protocol, Protocolo de datagramas de usuario
UIT-T	Unión Internacional de Telecomunicaciones - Sector de normalización (ITU-T)
UNI	User to Network Interface, Interfaz usuario red
UPC	Usage/User Parameter Control, Control de parámetros de uso/usuario
UTP	Unshielded Twisted Pair, Par trenzado sin apantallar
VBR	Variable Bit rate, Velocidad de bit variable
VC	Virtual Channel, Canal Virtual
VC	Virtual Container, Contenedor virtual
VCC	VC Connection, Conexión de VC
VCI	VC Identifier, Identificador de VC
VCL	Virtual Channel Link, enlace de VC
VLAN	Virtual LAN, LAN virtual
VP	Virtual Path, Trayecto virtual

VPC	VP Connection, Conexión de VP
VPI	VP Identifier, Identificador de VP
VPL	VP Link, enlace de VP
VSA	Virtual Scheduling Algorithm, Algoritmo de planificación virtual
WAN	Wide Area Network, Red de área ampliada