

## 9.- Tecnologías de Banda Ancha, RDSI y ATM.

El sistema telefónico tradicional analógico se basaba en la conmutación de circuitos y estaba diseñado para la transmisión exclusivamente de la voz. Las actuales necesidades de comunicación requieren la transmisión de todo tipo de datos, lo cual ha obligado a las operadoras a sustituir el sistema por otro totalmente digital que denominamos **RDSI** (red digital de servicios integrados) o también **ISDN**.

Existen dos tipos de RDSI según la velocidad utilizada: RDSI de banda estrecha o **N-ISDN**, y RDSI de banda ancha, denominada **B-ISDN** y también **ATM** (Asynchronous Transfer Mode).

### **RDSI de banda estrecha (N-ISDN).-**

Permite transmitir voz o datos desde un abonado a otro. Posee varias ventajas sobre la red telefónica convencional: mayor calidad de voz, mayor velocidad, menor tasa de error, menor tiempo en el establecimiento de llamada, y mayor flexibilidad.

### **Servicios que ofrece una RDSI.**

- **Grupo cerrado de usuarios.** Permite a grupos de usuarios comunicación exclusiva entre ellos, aunque algunos puedan comunicarse con el exterior.
- **Identificación de la línea llamante.** Permite conocer el número del usuario que está llamando antes de iniciar la conversación.
- **Restricción de la presentación de la línea llamante.** Posibilita que el número del usuario que efectúa la llamada no sea presentado a su interlocutor.
- **Llamada en espera.** Indica la presencia de otra llamada cuando el usuario está ocupado, dando la opción de atenderla o ignorarla.
- **Marcación directa de extensiones.** Facilita la recepción de llamadas directa si se está conectado a una centralita.
- **Múltiples números por acceso.** Asignación de más de un número a un mismo acceso, asociando cada número a un determinado servicio o terminal.
- **Portabilidad de terminales.** Permite desconectar o reemplazar el terminal sin que por ello se pierda la llamada, pudiendo atenderla desde otro terminal.
- **Información de tarificación.** Ofrece la posibilidad de conocer el importe de la llamada en el propio terminal.
- **Información de usuario a usuario.** Permite intercambiar información entre dos usuarios, lo cual es útil cuando se necesite enviar alguna información confidencial en el transcurso de una llamada.
- **Línea directa sin marcación.** Posibilidad de realizar una llamada sólo con descolgar, sin precisar el marcaje.
- **Desvío incondicional de llamadas.** Posibilidad de desviar todas las llamadas que se reciban en un terminal a un destino prefijado.
- **Marcación abreviada.** Permite efectuar llamadas mediante la utilización de un código abreviado.

- **Conferencia a tres.** En el transcurso de una llamada puede realizarse una nueva hacia otro destino, bien sea conmutando entre llamadas o incorporándola en la conversación.
- **Grupo de captura.** Permite distribuir las llamadas entrantes a un número RDSI específico entre varios posibles.
- **Retención y recuperación de llamadas.** Permite a un usuario en el transcurso de una llamada retenerla para poder recuperarla posteriormente.

### Arquitectura del servicio RDSI.-

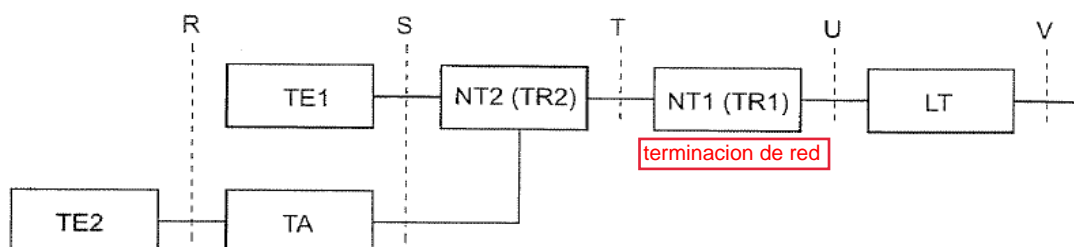
RSDI se basa en la conducción digital de bits desde el cliente a la empresa operadora y viceversa, manejando diferentes canales mediante la multiplexación digital por división de tiempo, TDM.

Existen dos estándares basados en distintas velocidades. Una pensada para necesidades básicas que se utiliza para usuarios particulares (velocidad básica), y otra que precisa de anchos de banda más elevados que se suele utilizar para empresas (velocidad primaria).

Definimos **grupos funcionales** como el conjunto de funciones que pueden necesitarse para el acceso al RSDI por parte de uno o más componentes del equipo. Estos grupos pueden ser TR1, TR2, TE1, TE2, y TA.

Definimos **puntos de referencia** como puntos conceptuales que dividen los grupos funcionales. Estos puntos pueden ser R, S, T, U, y V.

En la siguiente figura se representan varios grupos funcionales y puntos de referencia.

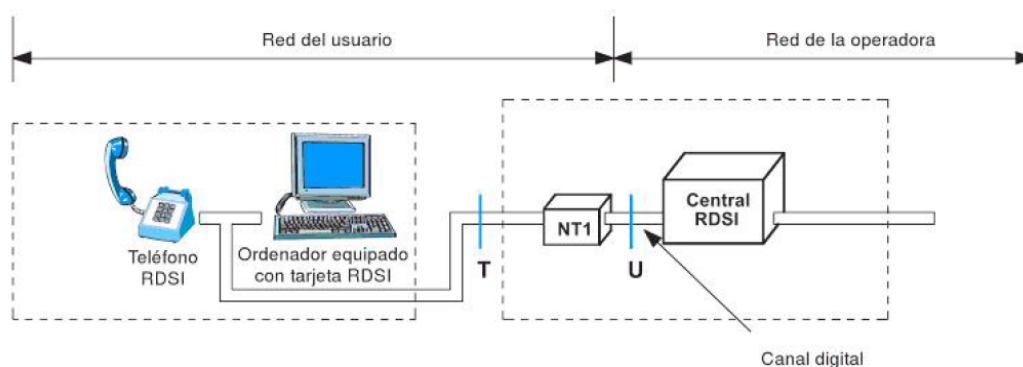


### Grupos Funcionales.-

#### Terminación de red 1 (TR1 o NT1).-

Incluye funciones asociadas con la terminación eléctrica y física de la red.

Se instala en el domicilio del cliente y se conecta con la central RDSI del operador a varios Kms de distancia mediante el mismo par trenzado de los teléfonos analógicos. Utiliza un conector RJ45.

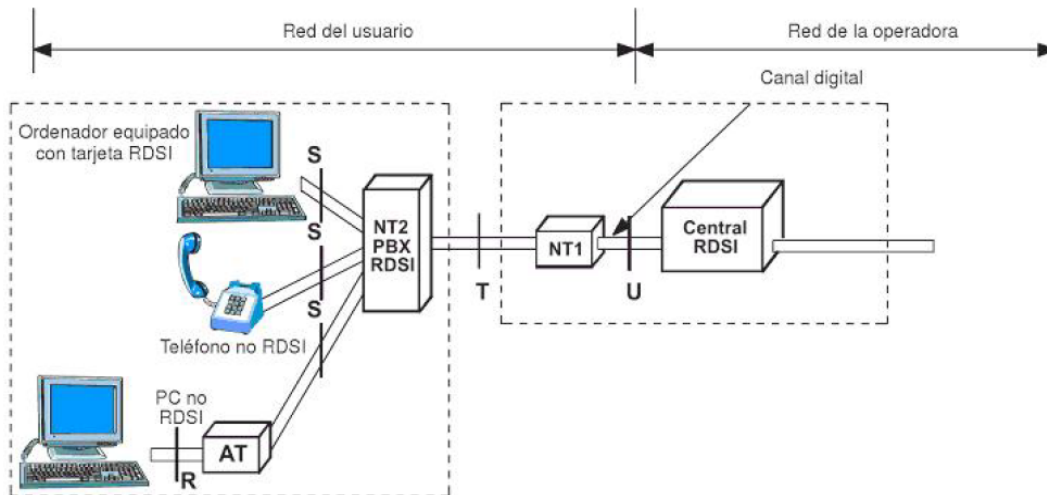


## Terminación de red 2 (TR2 o NT2).-

Realiza funciones de conmutación, concentración, o enrutamiento.

Se utiliza en grandes empresas, en las cuales existe un elevado tráfico de voz de forma simultánea.

En el ejemplo que se muestra en la figura siguiente, el dispositivo TR2 es una central de conmutación PBX (Private Branch Exchange, Central de Ramal Privado) que proporciona una interface física para la conexión de los terminales del usuario.



El TR2 puede implementarse con diferentes dispositivos, tales como concentradores, multiplexores estadísticos, y puentes o enrutadores que interconectan una red de área local (LAN) con la RDSI.

## Equipo Terminal (TE1 o ET1 y TE2 o ET2).-

Es el equipo del abonado que utiliza la red RDSI. Pueden ser de dos tipos:

- **TE1 o ET1**, diseñados para conectarse directamente a la RDSI, como por ejemplo los teléfonos digitales, terminales integrados de voz y datos, o equipos de fax.
- **TE2 o ET2**, son dispositivos no compatibles con RDSI, como los teléfonos analógicos, ordenadores personales, etc. Estos equipos necesitan un adaptador de terminal para conectarse a la red RDSI.

**Adaptador de Terminales (AT).** Proporciona compatibilidad RDSI a equipos que no son RDSI, como por ejemplo los adaptadores para acoplar terminales V.35 y V.24 a RDSI.

## Puntos de Referencia.-

Son los interfaces o referencia entre los grupos definidos anteriormente. Se utilizan las nomenclaturas **R, S, T y U**, y siguen un orden alfabético desde el ET2 hasta el bucle local.

El punto de referencia **R** es el interfaz funcional entre un equipo ET2 (equipo no RDSI) y el AT.

El punto de referencia **S** define la comunicación entre un equipo ET1 y el TR2.

El punto de referencia **T** está situado entre el grupo TR2 y el TR1.

El punto de referencia **U** adapta las señales para enlazar con el bucle local, transformando el circuito local de 2 hilos en otro de 4 hilos en la parte del TR1.

El punto de referencia **V** separa las funciones de transmisión y conmutación del lado de la central local.

### La Interfaz RDSI.-

En la **v** elocidad básica  $2B+1D$  se emplea en las líneas telefónicas analógicas.

Cada canal **B** maneja un canal de voz muestreada con 8 bits a una frecuencia de 8000 Hz, con lo cual proporciona una velocidd de 64Kbs.

El canal **D** es independiente de los canales B y se utiliza como señalización de las llamadas. Su velocidad es de 16Kbs.



La **velocidad primaria  $30B+2D$**  es el punto de referencia T en empresas que utilicen una central PBX.

El interfaz tiene 30 canales B y un canal D en Europa, y 23 canales B y un canal D en Norteamérica.



### El bus pasivo S0.-

El bus pasivo tiene alguna semejanza con el bus utilizado en una red de área local, pero la diferencia es que en un bus LAN todos los dispositivos conectados a la red se comunican entre si, mientras que en un bus RDSI los dispositivos comparten la red pero no se comunican entre si.

Una de las características del punto de referencia **S** en la velocidad básica es que permite conectar hasta 8 dispositivos, cada uno con un número de teléfono propio, de los cuales sólo 2 pueden hacer uso de la línea simultáneamente, ya que en el bus se multiplexan dos canales de 64Kbs independientes.

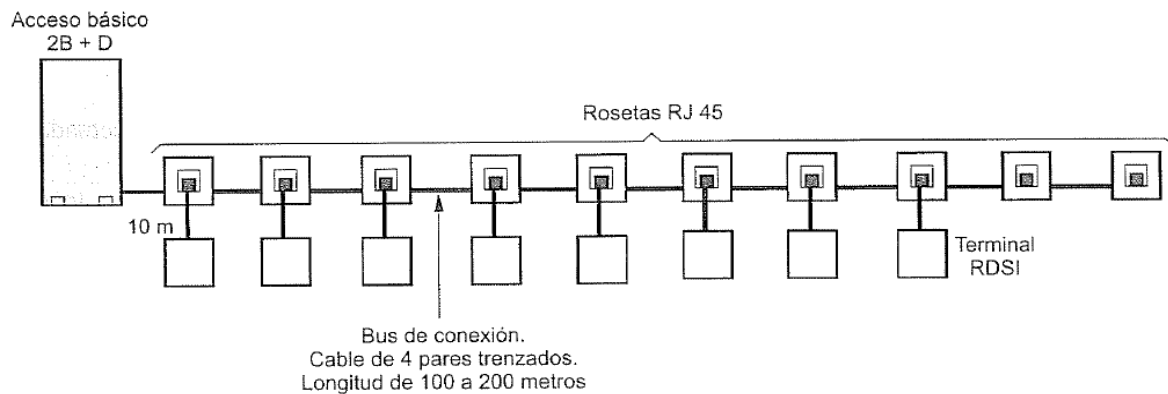
El medio de transmisión que se utiliza para implementar el bus pasivo, consiste en un cable de pares que se conecta al TR1 de varias formas o tipologías. A lo largo del cable se conectan una serie de rosetas RJ45.

### Bus Pasivo Corto.-

Se puede utilizar un cable de hasta 200m como máximo e instalarse hasta 10 rosetas, en las cuales se podrán conectar un máximo de 8 terminales.

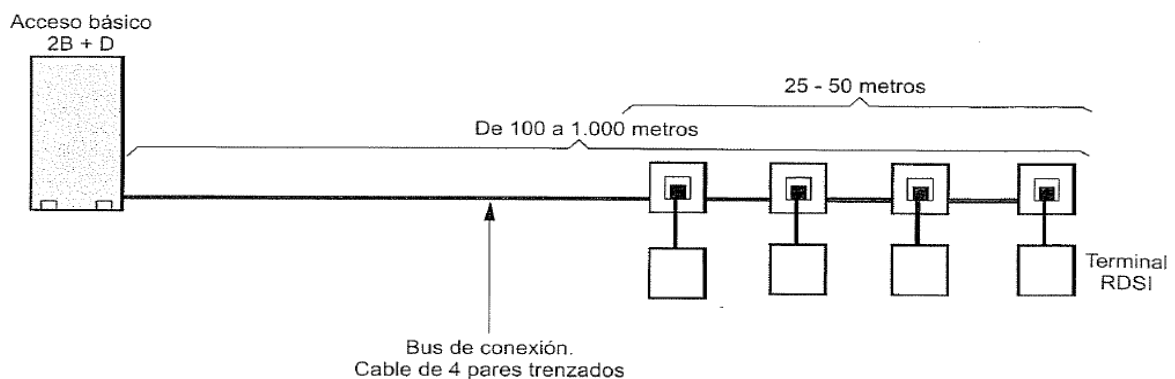
Esta configuración tiene dos modalidades. En la **primera** el TR1 está ubicado en uno de los extremos del bus, el cual finaliza en una roseta donde se conecta una resistencia de terminación para adaptar la impedancia de la red.

En la segunda modalidad se ubica el TR1 en un punto intermedio del bus, estableciendo dos ramas, cada una de las cuales no puede superar los 100m. En ambos extremos de las ramas se colocan resistencias de terminación. En la figura siguiente tenemos una configuración de bus pasivo corto.



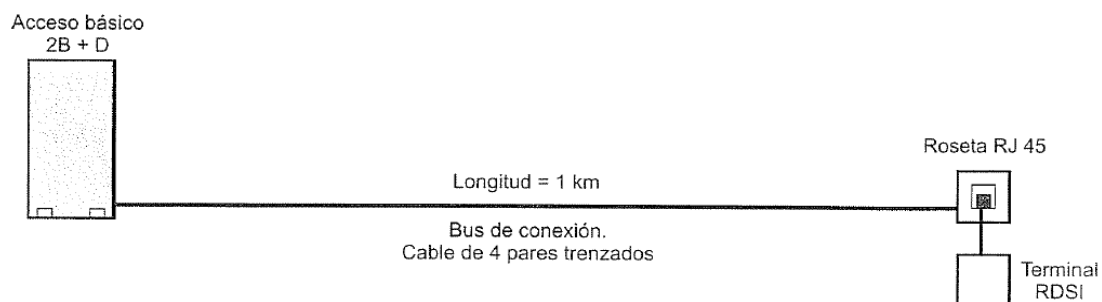
### Bus pasivo Extendido.-

El bus puede alcanzar desde 500 a 1000m, y tan sólo pueden conectarse 4 terminales agrupados en los últimos 50m del bus. En la figura siguiente tenemos una configuración de bus pasivo extendido.



### Bus Largo o Punto a Punto.-

Puede alcanzar los 1000m y tan sólo puede conectarse un terminal, instalando en la roseta una resistencia de terminación.



## RSDI de banda ancha (B-ISDN).-

Las nuevas aplicaciones necesitan grandes anchos de banda que N-ISDN no puede proporcionar, motivo por el cual se desarrolló B-ISDN, que establece circuitos virtuales para transferir paquetes de tamaño fijo a una velocidad de 155 Mbs.

B-ISDN utiliza ATM como tecnología de conmutación y SDH como estándar de transporte de la red.

Synchronous Digital Hierarchy

## Principios básicos de ATM.-

ATM (Asynchronous Transfer Mode) utiliza la conjunción de la multiplexación por división de tiempo síncrona (TDM), y la TDM estadística, dando lugar a las redes de conmutación de circuitos, y a las redes de conmutación de paquetes.

## Multiplexación por división de tiempo estadística.-

La división por tiempo síncrona (TDM) desaprovecha el ancho de banda puesto que la mayor parte del tiempo no existe transferencia de datos entre terminales, de modo que los canales no transportan información útil.

En la figura siguiente se muestran 4 fuentes de información A, B, C, D, que generan datos en cuatro intervalos de tiempo diferentes:  $t_0, t_1, t_2, t_3$ .

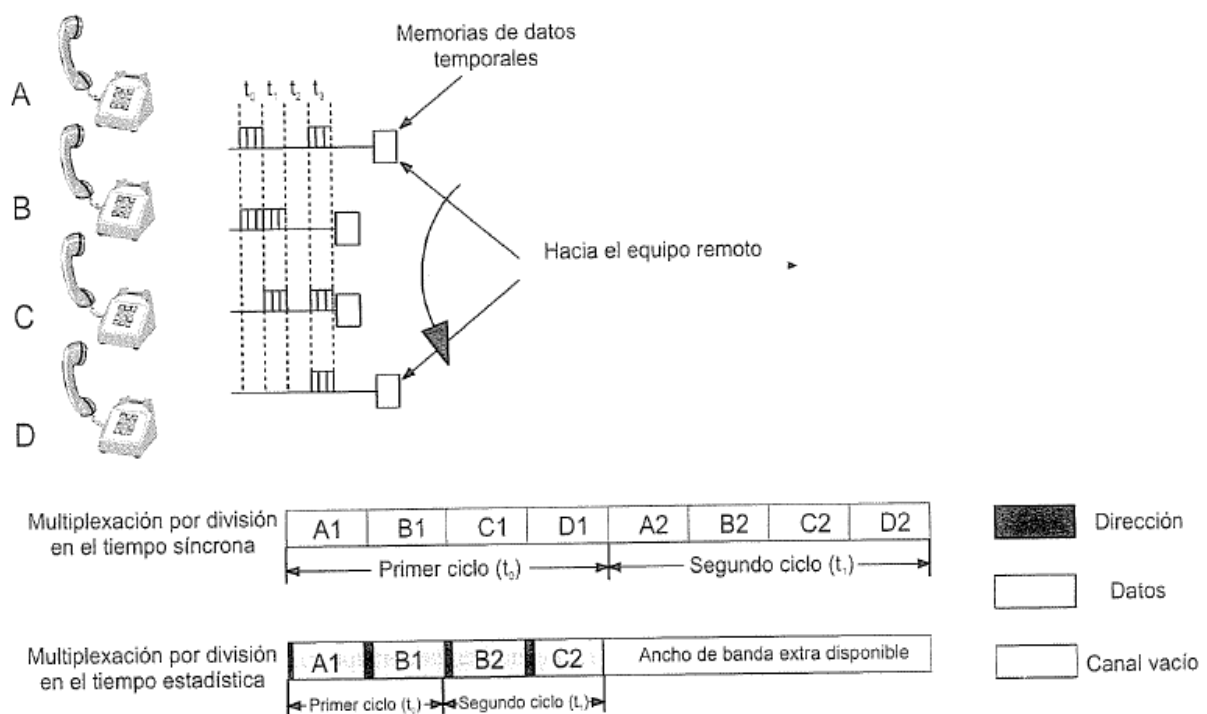


Figura 9.11. Comparación entre la TDM estadística y la TDM síncrona.

En el intervalo  $t_0$  se multiplexan los 4 canales, pero tan sólo generan información los terminales A y B, porque los terminales C y D no transmiten datos, de modo que sus canales están vacíos pero siguen ocupando ancho de banda.

En la TDM estadística no se envían canales vacíos mientras no existan datos que transmitir. De esta forma, durante el intervalo  $t_0$  se envían los datos de los canales A y B, quedando el ancho de banda restante disponible para enviar datos adicionales.

La Multiplexación Estadística permite que un gran número de conexiones aleatorias se pueden asignar a un mismo enlace, confiando que estadísticamente no aparecerán simultáneamente. En caso de que algunas aparezcan en forma simultánea, se almacena la información por un tiempo, usando técnicas de buffering, hasta haya un medio de transporte libre.

### **Conmutación de Paquetes.-**

La transmisión de datos desde los terminales a su destino se realiza en parte a través de las redes de conmutación de paquetes. Cuando los bytes de información llegan uno a uno desde los terminales hasta la red, se empaquetan en grupos, y se les añade una cabecera con el número del paquete, de dónde vienen y a dónde van, y así circulan por las redes hasta llegar a su destino.

A menudo, paquetes de una misma llamada circulan por líneas distintas, o por el contrario, comparten la línea con paquetes pertenecientes a otras comunicaciones (multiplexación). En su trayecto hasta el destino final, los paquetes pasan por diversos nodos de la red, que van controlando si llegan correctamente, dando un visto bueno al nodo anterior o pidiéndole que vuelva a enviar el paquete otra vez. A su vez, los paquetes pueden ser memorizados en la memoria intermedia de cada nodo. Además del control de errores, los nodos regulan el tráfico direccionando los paquetes por las líneas menos cargadas o reteniéndolos si no hay líneas libres. Los nodos se envían los paquetes de uno a otro según un reloj que sincronizan entre ellos, de modo que el nodo receptor sabe en todo momento cuándo tiene que empezar a leer el primer carácter del paquete que le llega.

Al final, todos los paquetes ensamblados en el orden correcto llegan al receptor, sin sospechar que ha sido roto en tantos pedazos, y que quizá unas frases han viajado por satélite y otras han circulado por un cable submarino.

**ATM** (Asynchronous Transfer Mode) es una tecnología de transmisión de datos basada en la conmutación de paquetes y en la multiplexación, diseñada para trabajar sobre banda ancha.

Cuando los bytes entran en la red ATM, se compartimentan en paquetes o células de 48 bytes, a los que se añade una cabecera de 5 bytes de identificación de la llamada a la que pertenece. En total, 53 bytes. Las células se transmiten pasando de nodo a nodo de una forma más flexible y dinámica que en la conmutación de paquetes, aprovechándose así mucho mejor los recursos informáticos.

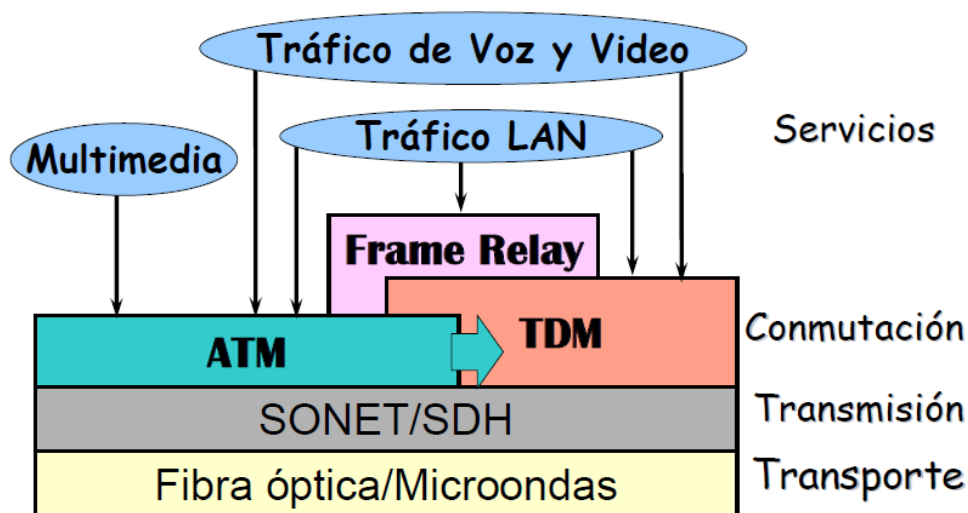
En la conmutación de paquetes los nodos los retienen para contar los bits y controlar posibles errores, lo cual hace la transmisión muy lenta, y sobre

todo produce indeseables retrasos que hacen a esta tecnología inutilizable en la transmisión de audio y vídeo en tiempo real.

Basándose en la mayor calidad de las líneas de fibra óptica, ATM omite este control nodo a nodo y sólo controla los errores en destino, a la recepción de las células. ATM es un sistema de flujo constante de bits (constant bit rate, CBR), lo que unido a las altas velocidades le abre una inmensa cantidad de aplicaciones multimedia, envío rápido de artículos facsímil, videoconferencia, servicio de vídeos bajo demanda, interconexión de redes de área local (LANs) a través de las redes públicas de datos, etc.

ATM emplea la Multiplexación estadística, de forma que no se le reserva un ancho de banda fijo para las diferentes conexiones, sino que sólo acceden al medio aquellas conexiones que están enviando datos. De esta forma, la suma de anchos de banda que requieren todas las conexiones activas puede exceder del ancho de banda disponible en el medio.

## EVOLUCION EN LAS REDES DE CARRIER



### Características de ATM.-

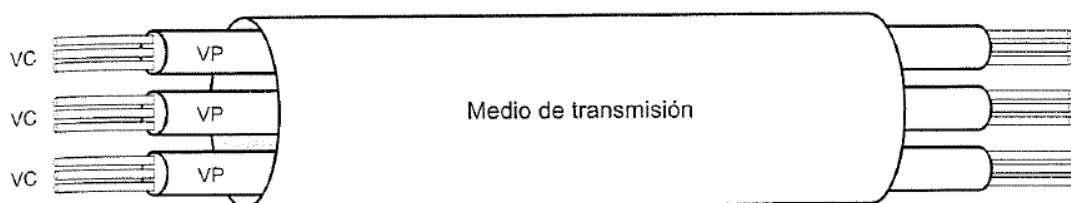
- Tamaño de celda fijo y reducido. Esto simplifica y hace más eficaz tanto el software como el hardware, puesto que los buffers internos de los dispositivos de conmutación son más reducidos, lo cual es muy adecuado para sistemas en tiempo real.
- Servicio orientado a la conexión. Antes de que la información sea transferida de un terminal a la red se realiza una fase de establecimiento que reserva los recursos necesarios. Si estos recursos no están disponibles, se rechaza la petición de conexión por parte del terminal llamante.

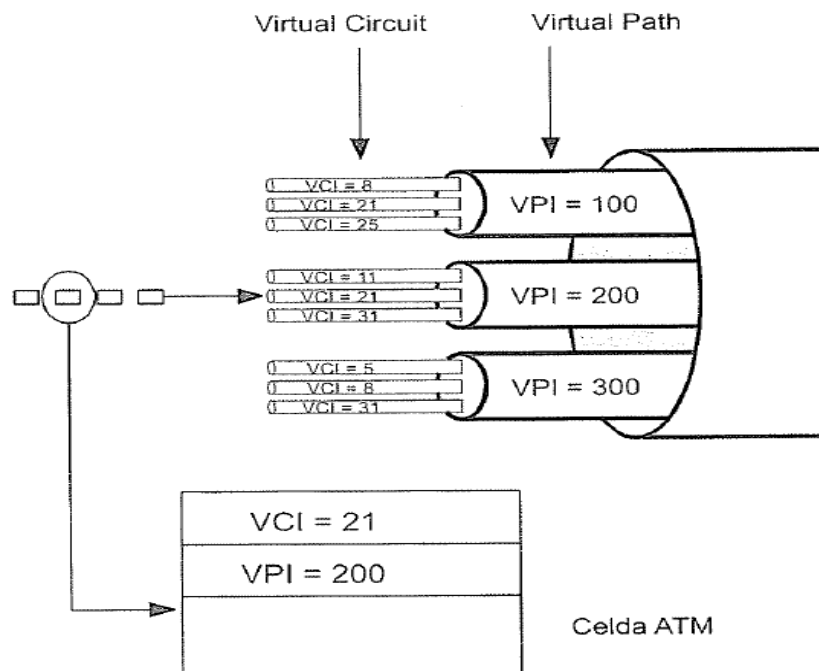
- Al final la transferencia de datos, los recursos se liberan para otra conexión.
- **Los nodos de la red** no disponen de mecanismo de control de secuencia de datos y detección de errores. Sólo se comprueban las cabeceras (direcciones de destino). Esto garantiza una mayor velocidad de transferencia y que no se formen colas de espera. La calidad de los enlaces ATM asegura un BER pequeño, de forma que el control se realiza de un extremo a otro de la comunicación.
- Se garantiza la secuencia de los paquetes. Las celdas no cambian de orde dentro de los canales virtuales.
- **Control de congestión de la red.** Se incorporan estrategias para seleccionar y marcar celdas que provocan congestiones en la red, notificando a los usuarios mediante "flags" insertados en sus celdas.  
banderas
- **Control de retardo.** Es posible adelantar las celdas de algunas conexiones con respecto a otras, dependiendo de las necesidades.

### **Jerarquía de Transmisión.-**

El sistema ATM dispone de 3 niveles jerárquicos para la transmisión:

- **Canal Virtual** (Virtual Channel, **VC**). Es la conexión unidireccional entre dos usuarios. Si la conexión es bidireccional se utilizarán dos VC.
- Las celdas que pertenezcan a un VC determinado se identifican mediante el campo **VCI** (Virtual Channel Identifier).
- **Camino Virtual** (Virtual Path, **VP**). Es el conjunto de canales virtuales que atraviesan por multiplexación un tramo de la red ATM. De esta forma, los VP comunican entre si varios tramos ATM. Asynchronous Transfer Mode
- **Sección Física** (Physical Section, **PS**). Conecta los diferentes elementos que componen la red, controlando el flujo de datos y garantizando la continuidad.





Los identificadores VCI de una conexión pueden cambiar cada vez que se produce una conmutación de canales, y el VPI puede cambiar cada vez que se produce una conmutación de caminos.

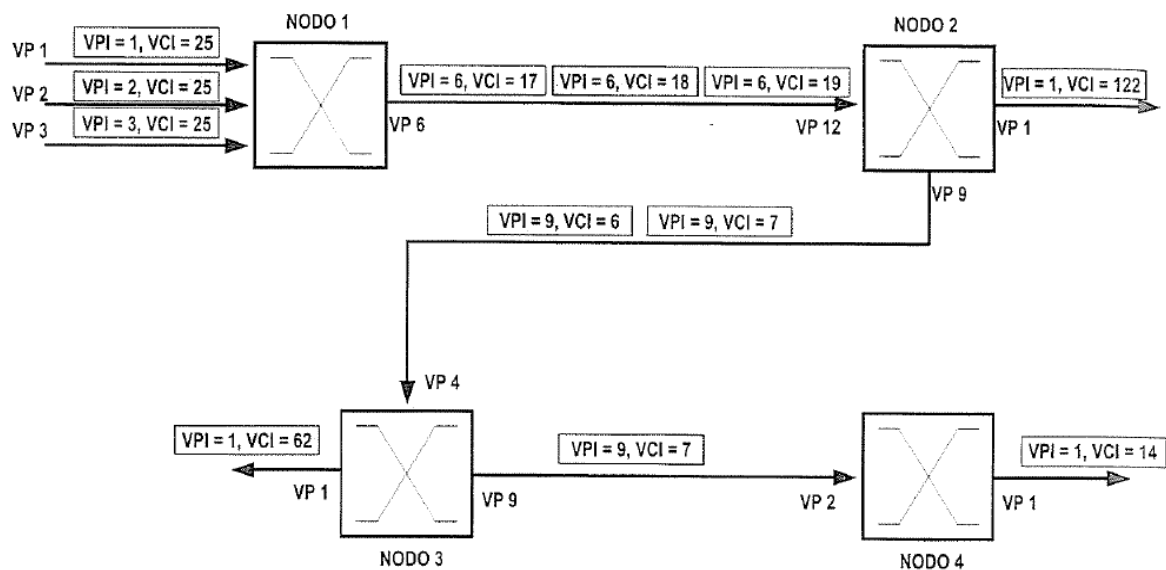


Tabla de enrutamiento NODO 1			
Entrada		Salida	
VPI	VCI	VPI	VCI
1	25	6	17
2	25	6	18
3	25	6	19

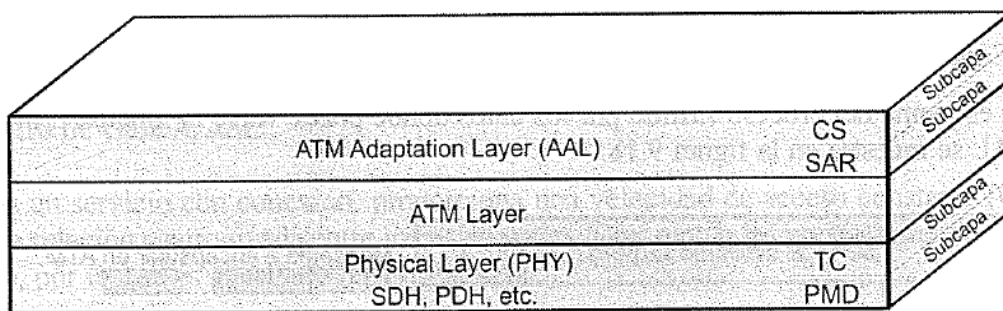
Tabla de enrutamiento NODO 2			
Entrada		Salida	
VPI	VCI	VPI	VCI
12	17	1	122
12	18	9	6
12	19	9	7

Tabla de enrutamiento NODO 3			
Entrada		Salida	
VPI	VCI	VPI	VCI
4	6	1	62
4	7	9	7

Tabla de enrutamiento NODO 4			
Entrada		Salida	
VPI	VCI	VPI	VCI
2	7	1	14

### Arquitectura de capas del nodo ATM.-

ATM se subdivide en tres niveles, tal como puede apreciarse en la siguiente figura.



**Nivel de Adaptación ATM** (ATM Adaption Layer, AAL). Se encarga de acepta la información de dispositivos externos, y la segmenta en paquetes de 48 bytes a la velocidad del dispositivo. Unicamente se implementa en los nodos terminales de la red.

**Nivel Modo de Transferencia Asíncrona** (Asynchronous Transfer Model, ATM). Construye las cabeceras de las celdas ATM y se encarga de multiplexar las celdas para ser incorporadas a los canales y rutas virtuales.

**Nivel Físico** (Physical Layer, PHY). Es el nivel que controla las señales físicas, tanto ópticas como eléctricas, codificándolas y adaptándolas al medio de transmisión.

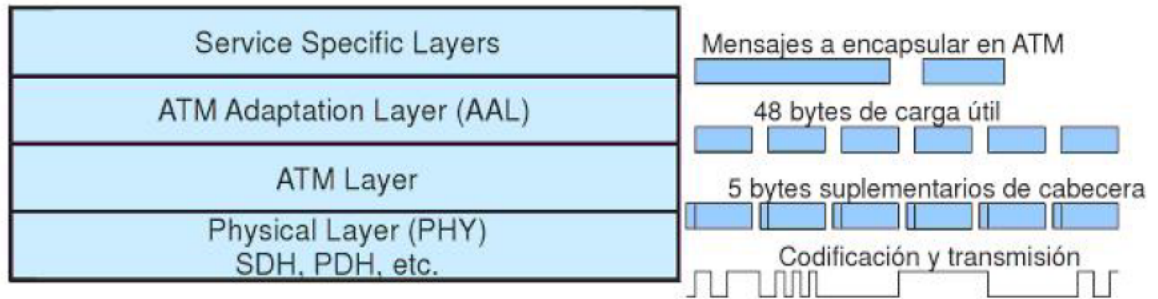


Figura 1.1.1.1. Protocolo de comunicación ATM