



# *Universidad Nacional del Nordeste*

**Facultad de Ciencias Exactas  
Naturales y Agrimensura**

**Cátedra: *Teleproceso y Sistemas Distribuidos.***

**Profesor: *La Red Martínez, David.***

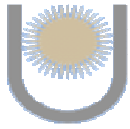
**Alumna Adscripta: *Sánchez, Mariana Soledad.***

**Año 2007**



# Tecnologías

## “Ethernet, Frame Relay y ATM”



## **Índice**

1. Introducción.
2. Redes Ethernet.
  - 2.1 Orígenes.
  - 2.2 Tecnología Ethernet.
    - 2.2.1 La capa Física.
    - 2.2.2 Arquitectura (estructura lógica).
  - 2.3 Data gramas Ethernet.
  - 2.4 Mecanismo de colisiones.
3. Redes Frame Relay.
  - 3.1 Que es una Frame Relay?
  - 3.2 La Trama Frame Relay.
  - 3.3 Ventajas.
  - 3.4 Aplicaciones
  - 3.5 Estandarización.
4. Red ATM.
  - 4.1 Orígenes y Fundamentación.
  - 4.2 Nueva generación de red de transporte de banda ancha.
  - 4.3 Puntos clave de la tecnología ATM.
  - 4.4 Aplicaciones.
5. ¿Qué ventajas ofrece el servicio ATM respecto a soluciones punto a punto?
6. ¿Qué ventajas ofrece el servicio ATM respecto al servicio frame relay?
7. Conclusión.



## **1. INTRODUCCIÓN**

La teoría de las redes informáticas no es algo reciente.

La necesidad de compartir recursos e intercambiar información fue una inquietud permanente desde los primeros tiempos de la informática. Los comienzos de las redes de datos se remontan a los años 60, en los cuales perseguían exclusivamente fines militares o de defensa.

Paulatinamente se fueron adoptando para fines comerciales.

Obviamente en esa época no existían las PCS, por lo cual los entornos de trabajo resultaban centralizados y lo común para cualquier red era que el procesamiento quedara delegado a una única computadora central o mainframe. Los usuarios accedían a la misma mediante terminales “bobas” consistentes en sólo un monitor y un teclado.

Los tiempos han cambiado y hoy prácticamente todos los usuarios acceden a los recursos de las redes desde PCS. Sin embargo, la teoría, los principios básicos, los protocolos han mantenido vigencia y si bien es cierto, se va produciendo obsolescencia de parte de ellos, resulta muy conveniente comenzar el estudio partiendo de los principios y de la teoría básica. Resulta dificultoso comprender las redes actuales si no se conocen los fundamentos de la teoría de redes.



## 2. REDES ETHERNET

### 2.1 ORIGENES

**Ethernet** es probablemente el estándar más popular para las redes de área local (LANs). De acuerdo con el grupo IDC, a fines de 1996 más del 80% de las redes instaladas en el mundo eran Ethernet. Esto representaba unos 120 millones de PCS interconectados. El 20% restante utilizaban otros sistemas como **Token-Ring**, **FDDI** ("Fiber Distributed Data Interface") y otros.

En una configuración Ethernet, los equipos están conectados mediante cable coaxial o de par trenzado ("Twisted-pair") y compiten por acceso a la red utilizando un modelo denominado **CSMA/CD** ("Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection"). Inicialmente podía manejar información a 10 Mb/s, aunque actualmente se han desarrollado estándares mucho más veloces.

Fue desarrollado inicialmente en 1973 por el Dr. Robert M. Metcalfe en el PARC (Palo Alto Research Center) de la compañía Xerox, como un sistema de red denominado Ethernet Experimental. El objetivo era conseguir un medio de comunicación entre computadoras, a medio camino entre las lentas redes telefónicas de larga distancia que ya existían, y las de alta velocidad que se instalaban en las salas de computadoras para unir entre sí sus distintos elementos.

Estos primeros trabajos del PARC contribuyeron substancialmente a la definición de la norma **IEEE 802.3**, que define el método de acceso CSMA/CD. En 1980 se propuso un estándar Ethernet a 10 Mbps (también conocido como **10Base**), cuya especificación fue publicada conjuntamente por Digital Equipment Corporation, Intel y la propia Xerox. Por esta razón las primeras Ethernet eran denominadas **DIX** ("Digital Intel Xerox"); también "**Libro azul**", por el color de la primera edición. Los primeros productos comenzaron a comercializarse en 1981.

Además de las tecnologías a 10 Mbps, se han desarrollado extensiones de la norma que aumentan la velocidad de transmisión: La conocida como **100Base** a 100 Mbps; **Gigabit Ethernet**, a 1000 Mbps, y **10 Gigabit Ethernet**.



A partir de 1982, Ethernet fue gradualmente adoptada por la mayoría de los organismos de estandarización:

- **ECMA** European Computer Manufacturers Association
- **IEEE** Institute of Electrical and Electronics Engineers
- **NIST** National Institute of Standards and Technology
- **ANSI** American National Standards Institute
- **ISO** International Standards Organization

Desde entonces Ethernet se ha convertido en la tecnología LAN más popular. Existen millones y millones de conexiones en el mundo. Aunque comenzó a utilizarse en ambientes de ingeniería y de fabricación, se expandió rápidamente a los mercados comercial y gubernamental. La segunda generación de Ethernet, que se usa actualmente, es **Ethernet II**, aunque este nombre se usa raramente.

Otros organismos que tienen gran influencia en el establecimiento de normas para la industria de redes y telecomunicaciones son:

- **EIA** ("Electronic Industries Alliance") Asociación de Industrial Electrónicas
- **TIA** ("Telecommunications Industry Association") Asociación de las industrias de telecomunicaciones.

Estas dos asociaciones editan normas de forma conjunta, que se conocen como normas TIA/EIA; son las de mayor influencia en el diseño e instalación de redes.

## 2.2 TECNOLOGÍA ETHERNET

Los estándares Ethernet no necesitan especificar todos los aspectos y funciones necesarios en un Sistema Operativo de Red **NOS** ("Network Operating System"). Como ocurre con otros estándares de red, la especificación Ethernet se refiere solamente a las dos primeras capas del modelo **OSI** ("Open Systems Interconnection"). Estas son la **capa física** (el cableado y las interfaces físicas), y la de **enlace**, que proporciona direccionamiento local; detección de errores, y controla el acceso a la capa física. Una vez conocidas estas especificaciones el fabricante del adaptador está en condiciones de que su producto se integre en una red sin problemas.

También es de su incumbencia proporcionar los controladores ("Drivers") de bajo nivel adecuados para cada Sistema Operativo que debe utilizar el adaptador.



### 2.2.1 LA CAPA FÍSICA

Los elementos que constituyen la capa física de Ethernet son de dos tipos: **Activos** y **Pasivos**. Los primeros generan y/o modifican señales, los segundos simplemente la transmiten. Son los siguientes:

**Pasivos:**

- Cables
- Jacks / Conectores
- Patch panels

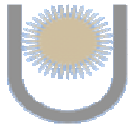
**Activos:**

- Transceptores
- Repetidores
- Repetidores multipuerto (Hubs).

### 2.2.2 ARQUITECTURA (ESTRUCTURA LÓGICA)

PREAMBULO	SFD	DESTINO	ORIGEN	Long/Tipo.	DATOS	PAD	FCS
7	1	6	6	2	0..1500	0..46	4

- **PREAMBULO:** Su única función es de sincronización. Es una secuencia de 0 y 1.
- **Delimitador de inicio de trama (SFD):** marca el comienzo de la trama. Es el siguiente octeto **10101011**.
- **DESTINO:** Destination Address: MAC Address del destino.
- **ORIGEN:** Source Address: MAC Address del origen.
- **Long/Tipo:** Longitud en bytes del campo de datos.
- **Datos:** El mínimo es de 46 bytes y si no rellena con 0 (**PAD**)
- **FCS:** Chequeo de Redundancia Cíclica, comprueba errores en los datos.



La arquitectura Ethernet puede definirse como una red de conmutación de paquetes de acceso múltiple (medio compartido) y difusión amplia ("Broadcast"), que utiliza un medio pasivo y sin ningún control central. Proporciona detección de errores, pero no corrección. El acceso al medio (de transmisión) está gobernado desde las propias estaciones mediante un esquema de arbitraje estadístico.

Los paquetes de datos transmitidos alcanzan a todas las estaciones (difusión amplia), siendo cada estación responsable de reconocer la dirección contenida en cada paquete y aceptar los que sean dirigidos a ella.

Ethernet realiza varias funciones que incluyen empaquetado y desempaquetado de los datagramas; manejo del enlace; codificación y decodificación de datos, y acceso al canal. El manejador del enlace es responsable de vigilar el mecanismo de colisiones, escuchando hasta que el medio de transmisión está libre antes de iniciar una transmisión (solo un usuario utiliza la transmisión cada vez -Banda base-). El manejo de colisiones se realiza deteniendo la transmisión y esperando un cierto tiempo antes de intentarla de nuevo.

Existe un mecanismo por el que se envían paquetes a intervalos no estándar, lo que evita que otras estaciones puedan comunicar. Es lo que se denomina **captura del canal**.

## 2.3 DATAGRAMAS ETHERNET

El formato de los paquetes **PDU**s ("Protocol Data Units") puede verse en la figura, un datagrama Ethernet incluye: Un **preámbulo**; campos de dirección de **origen** y de **destino**; **tipo de campo**; **campo de datos**, y chequeo de integridad **FCS** ("Frame Check Sequence").

El **preámbulo**: Una serie de 8 octetos que preceden al datagrama en la capa física. Tiene por finalidad permitir que las estaciones receptoras sincronicen sus relojes con el mensaje entrante a fin de que puedan leerlo sin errores. El último de estos bytes se denomina delimitador de comienzo de marco **SFD** ("Start Frame Delimiter").

Las **direcciones** de destino y origen son direcciones físicas en el sentido de que se refieren a dispositivos físicos (adaptadores de red) conocidos generalmente como **NIC** ("Network Interface Card"). Estas direcciones se refieren al NIC que recibirá el datagrama (a quién va dirigido) y al NIC remitente ("Source address"). La dirección de destino es conocida también como dirección del recipiente ("Recipient address").



Es interesante considerar que esta dirección (MAC) de un dispositivo físico (NIC) es en definitiva la dirección "real" de cualquier ordenador en la red. Por ejemplo, aunque el protocolo TCP/IP utiliza un sistema de direcciones lógicas (denominadas direcciones IP), estas direcciones deben ser traducidas a las direcciones MAC de los adaptadores de red a donde van dirigidos los mensajes. Aunque en modo de funcionamiento normal las tarjetas de red se desentienden de aquellos datagramas que no van dirigidos a su propia dirección, es posible utilizar programas que permiten situar una NIC en modo "promiscuo". De forma que sea capaz de escuchar los datagramas que circulan con destino a cualquier dirección MAC, entre ellos **tcpdump**, una herramienta muy versátil especialmente utilizadas en tareas de seguridad informática que permite capturar los paquetes que circulan por la red incluso mediante un criterio de selección establecido por el usuario.

Indicar a este respecto que cada NIC tiene un número de identificación (dirección) de 6 bytes que es único en el mundo y no se repite (algo así como la huella dactilar de una persona); el denominado **MAC** ("Media Access Control"). Esta dirección está contenida en el hardware de la tarjeta o adaptador de red y no puede/debe ser alterado.

Los fabricantes de este tipo de tarjetas tienen que solicitar a la IEEE la asignación de un número de 24 bits (3 bytes), que les es remitido, y que sirve para identificar las tarjetas del fabricante a partir de ese momento. Es el **OUI** ("Organizationally Unique Identifier"), también conocido como **código de vendedor**. A continuación cada fabricante añade a su OUI otros 24 bits, hasta totalizar 48 (6 octetos), en los que se puede incluir cualquier información que se desee, desde datos de fabricación a características de la tarjeta.

Los 6 bytes de los campos de dirección suelen indicarse en formato hexadecimal; algo parecido a: 00-10-A4-01-FF-F1.

El **Código de tipo** es un número de 16 bits que se utiliza para identificar el tipo de protocolo de alto nivel que está siendo utilizado en la red Ethernet. Señala por tanto el tipo de dato que está siendo transportado en el campo de datos del paquete.

💡 Como resumen, podemos indicar que la cabecera de un datagrama Ethernet tiene 14 bytes repartidos así: 6 B. dirección de origen + 6 B. dirección de destino + 2 B. tipo/longitud.



El **campo de datos** del datagrama puede variar entre un mínimo de 46 y un máximo de 1500 bytes, así que la longitud máxima de un paquete Ethernet es de 1518 bytes, y 64 la mínima.

Cuando una estación transmite un datagrama mayor que los 1518 bytes permitidos (que equivale a una transmisión de más de 20 milisegundos), ocurre una condición de error denominada **Jabber**, el datagrama resultante se denomina "**Long Frame**". Cuando un paquete tiene una longitud menor que la mínima, también es una condición errónea (aunque su FCS sea correcto), y se denomina "**Short Frame**".

El campo de chequeo de integridad **FCS** ("Frame Check Sequence") es un valor de 32 bits (4 octetos) que contiene un "checksum" del marco. El remitente realiza un control CRC ("Cyclical Redundancy") de los datos e incluye este valor en este campo. El receptor realiza a su vez el mismo cálculo con los datos recibidos y los compara con el valor del campo FCS del datagrama recibido. Si existe discordancia se solicita el reenvío del paquete erróneo.

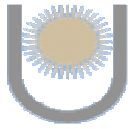
## 2.4 MECANISMO DE COLISIONES

El protocolo **CSMA/CD** ("Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection") utilizado en Ethernet. Se basa en que cuando un equipo **DTE** ("Data Terminal Equipment") conectado a una LAN desea transmitir, se mantiene a la escucha hasta que ningún equipo está transmitiendo (es la parte **CS** "Carrier Sense" del protocolo); una vez que la red está en silencio, el equipo envía el primer paquete de información.

El hecho de que cualquier DTE pueda ganar acceso a la red es la parte **MA** "Multiple Access" del protocolo. El modo Ethernet de tratar las colisiones tiene antecedentes en el protocolo Aloha, desarrollado en la Universidad de Hawai para un sistema de comunicaciones entre las islas.

A partir de este momento entra en juego la parte **CD** ("Collision Detection"), que se encarga de verificar que los paquetes han llegado a su destino sin colisionar con los que pudieran haber sido enviados por otras estaciones por error. En caso de colisión, los Ates la detectan y suspenden la transmisión; cada DTE esperen un cierto lapso, pseudo aleatorio, antes de reiniciar la transmisión.

Cada segmento de una red Ethernet (entre dos rotore, bridges o switches) constituye lo que se denomina **dominio de tiempo de colisiones** o **dominio de colisiones** Ethernet.



Se supone que cada bit permanece en el dominio un tiempo máximo ("Slot time") de 25.6  $\mu$ s (algo más de 25 millonésimas de segundo), lo que significa que en este tiempo debe haber llegado al final del segmento.

Si en este tiempo la señal no ha salido del segmento, puede ocurrir que una segunda estación en la parte del segmento aún no alcanzado por la señal, pueda comenzar a transmitir, puesto que su detección de portadora indica que la línea está libre, dado que la primera señal aún no ha alcanzado a la segunda estación. En este caso ocurre un acceso múltiple MA ("Multiple Access") y la colisión de ambos datagramas es inevitable.

Como la velocidad de propagación de las ondas electromagnéticas es de  $2.9979 \cdot 10^8$  m/s, la señal Ethernet puede recorrer aproximadamente una distancia de 7674 m. en el "Slot time". Observe también que a la velocidad estándar 10Base, de 10 Mb/s, cada bit ocupa una longitud de unos 29 metros ( $2.9979 \cdot 10^8 / 10 \cdot 10^6 = 29.9$  m/b). Sin embargo, en realidad las colisiones no se producen porque el tendido de redes sea mayor que los 7674 metros teóricos, sino porque dentro del dominio, se producen retrasos en la propagación de la señal debido principalmente a hubs y otros elementos defectuosos, incluyendo las propias DTEs.

Los síntomas de una colisión dependen del medio de transmisión utilizado. En el caso de cable coaxial, la señal del cable, que normalmente está constituida por ceros y unos nítidos, contiene estados intermedios. La interferencia produce en algunos puntos un debilitamiento de la señal, cuya amplitud se cancela, mientras que en otros se produce un reforzamiento, duplicándose su amplitud al doble del máximo permitido; esta condición de sobre tensión es detectada por los nodos. En cambio, cuando se utiliza cable de par trenzado, el síntoma es que existe señal en el par TX mientras que simultáneamente se recibe también señal por el par RX.

Estos estados en que la calidad de la señal no es adecuada, son detectados como errores **SQEs** ("Signal Quality Errors"), y el dispositivo emisor envía un mensaje de error. Después de este mensaje los dos DTEs esperan un tiempo (que raramente es el mismo) antes de reiniciar la transmisión.

El mensaje de error es de 74 bits; como hemos visto, los 12 primeros están destinados a informar sobre el receptor y emisor del mensaje.

En la operación de una red Ethernet se considera normal una cierta tasa de colisiones, aunque debe mantenerse lo más baja posible. En este sentido una red normal debe tener menos de un 1% de colisiones en el total de paquetes transmitidos (preferiblemente por debajo del 0.5%). Para realizar este tipo de comprobaciones es necesario contar con analizadores adecuados.



### **3. REDES FRAME RELAY**

Empezaré comentando sobre X.25; un tradicional sistema que trabaja sobre redes analógicas, es decir líneas telefónicas dedicadas. Actualmente conserva unas pocas aplicaciones, como ser cajeros automáticos, validación de tarjetas de crédito, etc.; pero su robustez, seguridad y confiabilidad han hecho mantenerlo como un estándar para las redes públicas y privadas durante una gran cantidad de años. Además sus principios, su teoría de funcionamiento aporta conceptos sumamente importantes que nos ayudarán a comprender los siguientes.

#### **3.1 QUE ES FRAME RELAY?**

Frame Relay es una mejora de X.25. Se trata de un sistema mucho más simple y eficiente, el cual tiene plena vigencia hoy en día en redes de área amplia. Trabaja sobre enlaces digitales generalmente punto a punto.

Es una técnica de Fast Packet Switching, es decir es de conmutación de paquetes, orientada a la conexión, diseñada especialmente para trabajar sobre enlaces digitales de alta confiabilidad y con baja tasa de errores.

Puede trabajar sobre SVC's o PVC' pero se recomiendan los últimos. Se pretende que, con el tiempo, tiendan a reemplazar a los enlaces punto a punto.

Las velocidades de trabajo van de 64kbps a 4Mbps y por su modo de transmisión en forma de ráfagas es ideal para la interconexión entre redes LAN.

FR es un protocolo de solamente capas 1 y 2.

Frame Relay no realiza control de flujo ni de secuencia y no hace un manejo de los errores: si se recibe una trama con error de checksum simplemente la descarta y no envía ninguna notificación al respecto. ¿Qué ocurre entonces con los errores? : FR delega esta tarea, al igual que el control de flujo a las capas de nivel superior. Esto reduce notablemente el tráfico en la red aumentando significativamente su rendimiento.

Es por eso que se dice que FR pose bajo overhead. Lo que sí posee FR es control de congestión.

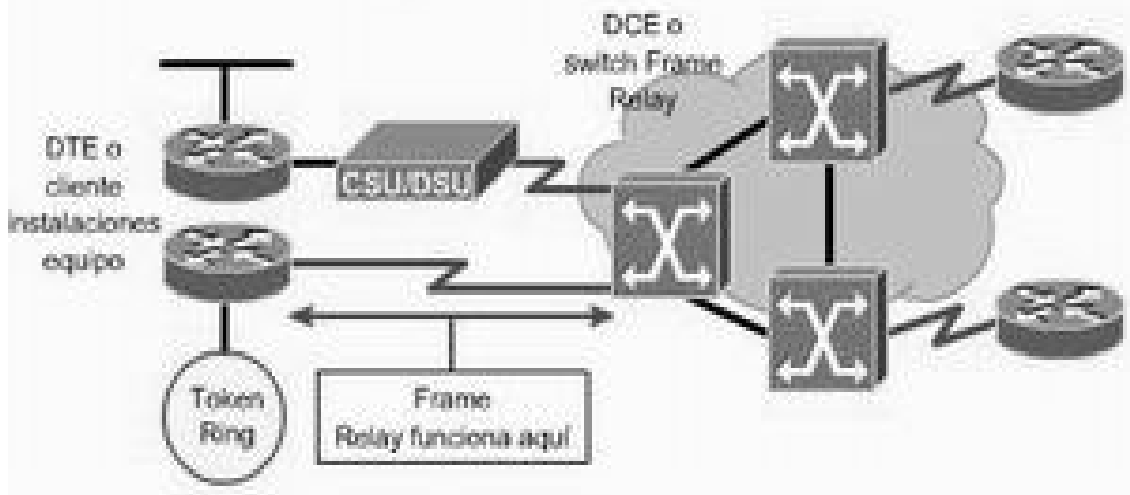
Actualmente, Frame Relay es un protocolo de capa de enlace de datos conmutado de estándar industrial, que maneja múltiples circuitos virtuales mediante el encapsulamiento de Control de Enlace de Datos de Alto Nivel (HDLC) entre los dispositivos conectados. Frame Relay utiliza circuitos virtuales para realizar conexiones a través de un servicio orientado a conexión.

La red que proporciona la interfaz Frame Relay puede ser una red pública proporcionada por una portadora o una red de equipos privados, que sirven a una misma empresa. Una red Frame Relay puede componerse de computadores, servidores, etc. en el extremo del usuario y por dispositivos de red Frame Relay como

switches, routers, CSU/DSU, o multiplexores. Como ha aprendido, con frecuencia se hace referencia a los dispositivos del usuario como Equipo Terminal de Datos (DTE),

mientras que el equipo de red que hace interfaz con el DTE se conoce a menudo como Equipo de Transmisión de Datos (DCE), como se ve en la figura.

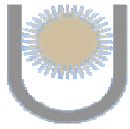
## Descripción general de Frame Relay



### 3.2 LA TRAMA FRAME RELAY

FLAG	DIRECCION	DATOS	FCS	FLAG
1 octeto	2-3-4 octetos	variable	2 octetos	1 octeto

- FLAGS : Octetos 01111110
- DIRECCIÓN : Encabezado con las opciones de control (2 bytes por default)
- DATOS: Datos de usuario (0 – 8189 bytes).
- FCS: Chequeo de redundancia cíclica CRC para comprobación de errores.



### 3.3 VENTAJAS:

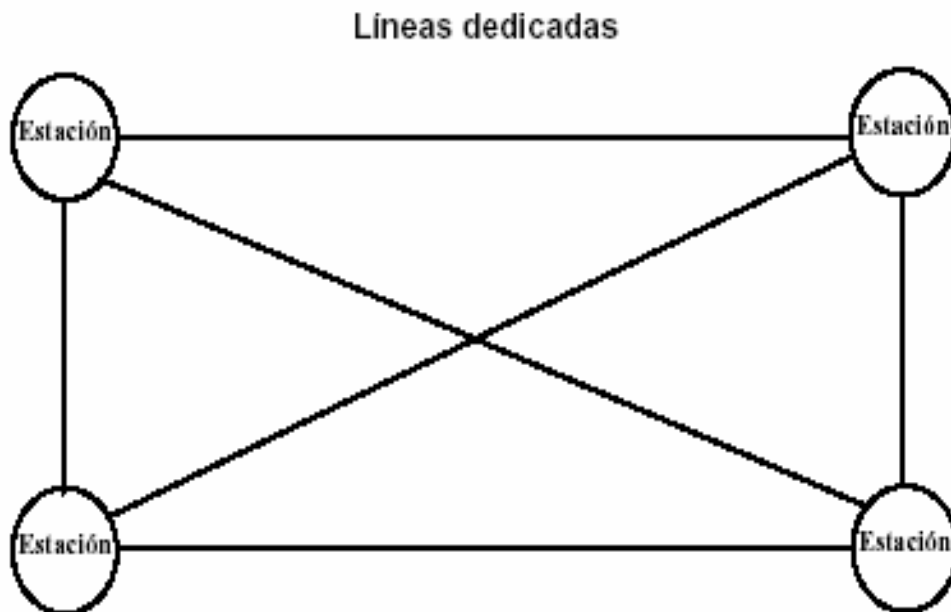
- Ahorro en los costes de telecomunicaciones:
  - Con el servicio Frame Relay los usuarios podrán transportar simultáneamente, compartiendo los mismos recursos de red, el tráfico perteneciente a múltiples comunicaciones y aplicaciones, y hacia diferentes destinos.
- Tecnología punta y altas prestaciones: Frame Relay proporciona alta capacidad de transmisión de datos por la utilización de nodos de red de alta tecnología y bajos retardos como consecuencia de la construcción de red (backbone) sobre enlaces a 34 Mbps. y de los criterios de encaminamiento de la Red de Datos, orientados a minimizar el número de nodos de tránsito.
- Flexibilidad del servicio: Es la solución adaptable a las necesidades cambiantes, ya que se basa en circuitos virtuales permanentes (CVP), que es el concepto de Red Pública de Datos, equivalente al circuito punto a punto en una red privada. Sobre una interfaz de acceso a la red se pueden establecer simultáneamente múltiples circuitos virtuales permanentes distintos, lo que permite una fácil incorporación de nuevas sedes a la Red de Cliente.
- Solución Compacta de Red: Según las necesidades del cliente, tras un estudio personalizado de las características del mismo.
- Tarifa fija: Los precios no son sensitivos a la distancia -lo que significa que los clientes no son penalizados por conexiones a largas distancias.
- Servicio normalizado. Frame Relay es un servicio normalizado según los estándares y recomendaciones de UIT -T, ANSI y Frame Relay Forum, con lo que queda garantizada la interoperatividad con cualquier otro producto Frame Relay asimismo normalizado.

### 3.4 APLICACIONES:

- Intercambio de información en tiempo real, dentro del ámbito empresarial.
- Correo electrónico.
- Transferencia de ficheros e imágenes.
- Impresión remota.
- Aplicaciones host-Terminal.
- Aplicaciones cliente-servidor.
- Acceso remoto a bases de datos.
- Construcción de bases de datos distribuidas.
- Aplicaciones de CAD/CAM.

### 3.5 ESTANDARIZACION:

Redes Dedicadas: Costoso y complejo de lograr la conectividad tipo malla; necesidad de routers costosos, con software especial, y mantenimiento adecuado. Poco propenso al cambio dinámico de ancho de banda y reconfiguración de los sistemas.



Opera sobre las dos primeras capas del modelo OSI, a diferencia de X.25 que operaba sobre las 3 capas, haciendo que sea más rápido al estar liberado de estos cometidos.

La evolución de la tecnología ha logrado mejorar la calidad de líneas; permitiendo que los mismos equipos realicen el control de errores.

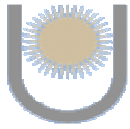
La fuerza de FR es que el usuario paga únicamente por la velocidad media contratada y no sobre el tráfico cursado.

A cada usuario se le garantiza una velocidad media, según el parámetro CIR (Committed Information Rate) en los dos sentidos de la comunicación para cada circuito virtual (CV).

Como no todos los CV's utilizan en un mismo momento todo su ancho de banda reservado, puede permitirse que un CV emita parte de su carga hacia otros CV's.

FR permite dividir estadísticamente el ancho de banda entre diferentes CV.

Los beneficios aportados por FR se analizan según Tarifación, Multiplexación y Tráfico en ráfagas.



## **4. REDES ATM**

### **4.1 ORIGENES**

La función principal de una red digital de banda ancha es ofrecer servicios de transporte para diferentes tipos de tráfico a diferentes velocidades usando, como soporte, un limitado número de enlaces de comunicaciones de elevado ancho de banda.

La metodología tradicional de las redes de transporte digital se basaba en la multiplexación estática en el tiempo (TDM) de los diferentes servicios sobre los escasos troncales de comunicación. Esta tecnología de multiplexación es tanto utilizada a velocidades pleisócronas, como en JDS (Jerarquía Digital Síncrona).

Los nuevos tipos de datos, aplicaciones y requerimientos de los usuarios de este tipo de servicios obligó al desarrollo de una nueva tecnología que permitiera ofrecer este nuevo nivel de servicio. La nueva tecnología debería ser, además, lo suficientemente flexible como para asegurar un crecimiento rápido hacia las nuevas demandas que aparecerían en el futuro.

Después de un largo periodo de investigación y de diversas propuestas por parte de diferentes comités tecnológicos se define la nueva generación de tecnología para red de transporte digital de banda ancha: ATM.

### **FUNDAMENTOS**

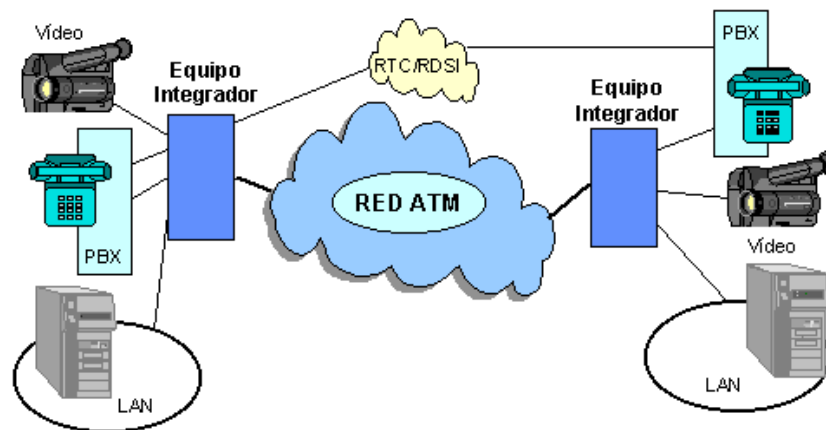
El tráfico con tasa de BIT o velocidad binaria constante (CBR), por ejemplo voz PCM o vídeo no comprimido, tradicionalmente es transmitido y conmutado por redes de conmutación de circuitos o Multiplexores por División en el Tiempo (TDM), que utilizan el Modo de Transmisión Síncrono (STM). En STM, los multiplexores por división en el tiempo dividen el ancho de banda que conecta dos nodos, en contenedores temporales de tamaño pequeño y fijo o ranuras de tiempo ("Time Slots"). Cuando se establece una conexión, esta tiene estadísticamente asignado un "slot" (o varios). El ancho de banda asociado con este "slot" está reservado para la conexión haya o no transmisión de información útil. Una pequeña cantidad de ancho de banda para control, se utiliza para la comunicación entre los conmutadores, de forma que estos conocen los "slots" que tiene asignados la conexión. Esto se conoce como direccionamiento implícito. El conmutador receptor sabe a que canales corresponden los "slots" y por lo tanto no se requiere ningún direccionamiento adicional. Este procedimiento garantiza la permanente asignación de un ancho de banda durante el tiempo que dura la llamada, así como un tiempo de latencia pequeño y constante.

En contraste, los datos son normalmente transmitidos en forma de tramas o paquetes de longitud variable, lo que se adecua bien a la naturaleza de ráfagas de este tipo de información. Sin embargo, este mecanismo de transporte tiene retardos impredecibles, la latencia tiende a ser alta y en consecuencia la conmutación de paquetes no es adecuada para tráfico con tasa de BIT constante como la voz. Tampoco

la conmutación de circuitos se adecua para la transmisión de datos, ya que si se asigna un ancho de banda durante todo el tiempo para un tráfico en ráfagas, se derrocha mucho ancho de banda cuando este no se utiliza.

ATM ha sido definido para soportar de forma flexible, la conmutación y transmisión de tráfico multimedia comprendiendo datos, voz, imágenes y vídeo. En este sentido, ATM soporta servicios en modo circuito, similar a la conmutación de circuitos, y servicios en modo paquete, para datos (Fig. 1).

### Servicio "ATM" de Banda Ancha



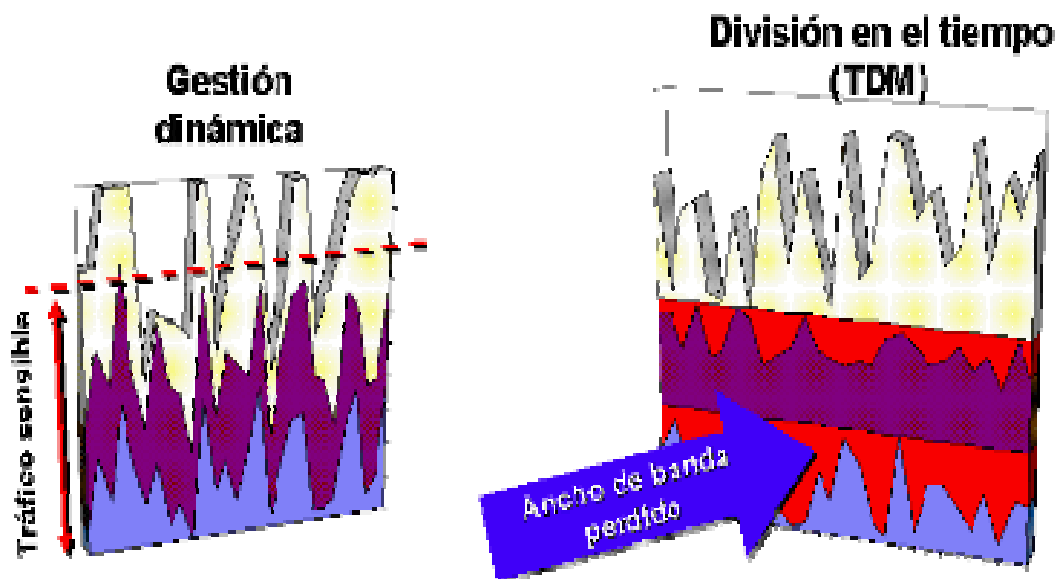
## 4.2 NUEVA GENERACIÓN DE RED DE TRANSPORTE DE BANDA ANCHA

Fueron diversos los motivos que forzaron una revolución tecnológica en el área del transporte digital de banda ancha. Entre ellos, la aparición de nuevas aplicaciones, la necesidad de incorporar el tráfico de LAN directamente en la red de transporte digital, las previsiones de crecimiento desmesurado, la necesidad de consolidar todos los tipos de tráfico.

Los siguientes apartados explican, en detalle, los principales motivos que motivaron el desarrollo de ATM.

## Gestión del ancho de banda

La técnica de división en el tiempo que usan las redes de transporte digital "tradicionales" (p.e. redes basadas en multiplexores PDH, SDH) no es válida para el transporte del tráfico LAN, que es uno de los tipos de datos que más ha crecido en los últimos años y que más insistentemente pide un lugar en las redes de banda ancha.



## Gestión dinámica del ancho de banda

El tráfico de datos se caracteriza por una necesidad muy grande de ancho de banda pero en momentos muy puntuales. El uso de técnicas TDM para la multiplexación del tráfico de LAN sobre los troncales de comunicaciones lleva a un compromiso demasiado duro. Por un lado, si se le asigna un time-slot de poco ancho de banda, el rendimiento de las comunicaciones no será aceptable. Por otro lado, si se le asigna un time-slot de gran ancho de banda, se malgastará demasiado espacio del canal cuando no se efectúen transferencias.

ATM, como nueva tecnología de transporte digital de banda ancha, dispone de mecanismos de control dinámico del ancho de banda. De este modo, cuando una fuente de datos deja de emitir, el ancho de banda que resulta liberado del canal de comunicación se reasigna a otra fuente.

La gestión dinámica del ancho de banda va acompañada de unos complejos mecanismos de control de congestión que aseguran que el tráfico sensible (voz, vídeo,...) siempre dispondrá de la calidad de servicio requerida.



## **Soporte del tráfico broadcast**

La evolución de las aplicaciones que requieren transporte digital muestra, desde hace tiempo, un claro cambio de rumbo de entornos punto a punto a entornos punto a multipunto.

Aplicaciones como videoconferencias, tráfico LAN, broadcasting de vídeo, etc. requieren de soporte broadcast en la capa de transporte.

Antes de ATM, las tecnologías de transporte digital, se basaban en la multiplexación sobre canales punto a punto y, por lo tanto, no podían enfrentarse a este nuevo requerimiento de servicio.

ATM, aunque es una tecnología orientada a la conexión, contempla el uso de circuitos punto-multipunto que permiten ofrecer funciones de broadcasting de información. Los datos se replican en el interior de la red allí donde se divide el circuito punto-multipunto. Esta aproximación minimiza el ancho de banda asociado a tráfico broadcast y permite la extensión y crecimiento de estos servicios hasta niveles muy elevados.

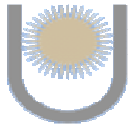
## **Canales conmutados**

Otro requerimiento que se le pidió a ATM fue que dispusiera de mecanismos para el establecimiento de circuitos conmutados bajo demanda del DTE. Estas funcionalidades que, hasta la fecha, solo se exigían a las redes de banda estrecha (RTC, RDSI, X.25, FrameRelay,...) se hacen, cada vez más, necesarias en la capa de banda ancha (Cable-TV, Videoconferencia,...)

ATM define un protocolo de señalización entre el DTE y la red, llamado UNI, que permite a este segundo, la negociación de canales conmutados bajo demanda. El protocolo, basado en el Q.931 de RDSI, permite al DTE la creación de un canal (punto a punto o multipunto) con una determinada calidad de servicio (ancho de banda, retardo,...)

Otro protocolo (NNI) se encarga de la propagación de la petición de llamada dentro del interior de la red hacia el destino para su aceptación. El NNI es un protocolo no orientado a la conexión que permite la propagación de llamadas por múltiples caminos alternativos.

En el momento de definición de ATM se optó por un sistema de numeración de 20 bytes (basado en la numeración actual de la red telefónica básica) para los puntos terminales.



## Escalabilidad

Uno de los principales problemas con los que se encuentran los administradores de las redes de transporte es cómo actuar frente a los continuos y cada vez más frecuentes cambios en los requerimientos tanto de cobertura como de ancho de banda.

ATM se diseñó como una red "inteligente". El objetivo era que los nodos que componían la red fueran capaces de descubrir la topología (nodos y enlaces) que les rodeaba y crearse una imagen propia de como estaba formada la red. Además, este procedimiento debía ser dinámico para que la inserción de nuevos nodos o enlaces en la red fueran detectados y asimilados automáticamente por los otros nodos.

Esta filosofía de red, que es muy común en las redes de banda estrecha (redes de routers, FrameRelay,...), se implanta en la banda ancha con la tecnología ATM.

Los administradores de la red de transporte ATM pueden decidir libremente el cambio de ancho de banda de un enlace o la creación de uno nuevo (por ejemplo, para disponer de caminos alternativos) sin tener que, por ello, reconfigurar de nuevo la red. Todos los nodos afectados por la modificación topológica actuarán inmediatamente como respuesta al cambio (por ejemplo, usando el nuevo enlace para balancear tráfico)

Los problemas de cobertura tampoco significan ningún problema. Un nodo que se inserta en la red descubre, y es descubierto por, el resto de nodos sin ninguna intervención por parte del administrador.

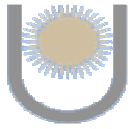
## Tecnología universal

Un balance general de los puntos anteriores permite ver como la tecnología de transporte ATM incorpora y mejora muchas de las técnicas utilizadas únicamente, hasta entonces, en las redes de banda estrecha. Esto quiere decir que ATM es también una tecnología válida para este tipo de redes.

ATM se define como una tecnología universal válida tanto como transporte digital de banda ancha, como para backbone de alta velocidad en redes LAN o integración de servicios en redes corporativas sobre enlaces de baja velocidad. ATM es una solución global extremo a extremo; es tanto una tecnología de infraestructura como de aplicaciones.

### 4.3 PUNTOS CLAVES DE LA TECNOLOGÍA ATM

ATM se basa en un conjunto de novedades tecnológicas que hacen posible que cumpla los requerimientos a ella exigidos.



## **Estandarización**

Si bien sus orígenes se remontan a los años 60, es a partir de 1988 cuando el CCITT ratifica a ATM como la tecnología para el desarrollo de las redes de banda ancha (B-RDSI), apareciendo los primeros estándares en 1990.

Desde entonces hasta nuestros días ATM ha estado sometida a un riguroso proceso de estandarización; destinado no solamente a una simple interoperabilidad a nivel físico (velocidades SONET y SDH...), sino a garantizar la creación de redes multifabricantes a nivel de servicio, estandarizándose aspectos como Señalización (UNI, NNI), Control de Congestión, Integración LAN, etc.

Esta característica garantiza la creación de redes multifabricante, que garantizan la inversión y permiten un fuerte desarrollo del mercado, con la consiguiente reducción de costes.

## **Multiplexación basada en celdas**

Para que se pueda gestionar correctamente el ancho de banda sobre un enlace, es necesario que las diferentes fuentes que lo utilizan presenten sus datos en unidades mínimas de información.

Para ATM se decidió una unidad mínima de 53 bytes fijos de tamaño. El uso de un tamaño fijo permite desarrollar módulos hardware muy especializado que conmuten estas celdas a las velocidades exigidas en la banda ancha (actual y futura). La longitud de la unidad debe ser pequeña para que se pueden multiplexar rápidamente sobre un mismo enlace celdas de diferentes fuentes y así garantizar calidad de servicio a los tráficos sensibles (voz, vídeo,...)

## **Orientado a la conexión**

Que ATM fuera una tecnología orientada a la conexión permitía, entre otras cosas, conseguir una unidad mínima de información de tamaño pequeño. Como se ha dicho anteriormente, las previsiones de crecimiento para ATM obligaban al uso de un sistema de numeración de terminales de 20 bytes. Las tecnologías no orientadas a la conexión requieren que cada unidad de información contenga en su interior las direcciones tanto de origen como de destino. Obviamente, no se podían dedicar 40 bytes de la celda para ese objetivo (la sobrecarga por cabecera sería inaceptable).

Los únicos datos de direccionamiento que se incluye en la celda es la identificación del canal virtual que supone, únicamente, 5 bytes de cabecera (48 bytes útiles para la transmisión de información).



## Calidad de Servicio (QoS)

Se definen cuatro categorías de tráfico básicas: CBR (Constant Bit Rate), VBR (Variable Bit Rate), UBR (Undefined Bit Rate) y AVR (Available Bit Rate)

En el momento de la creación, el DTE caracteriza el tráfico que va a enviar por el circuito mediante cuatro parámetros (PCR, SCR, CDVT y MBS) dentro de una de esas cuatro categorías. La red propaga esa petición internamente hasta su destino y valida si los requerimientos exigidos se van a poder cumplir. En caso afirmativo, la red acepta el circuito y, a partir de ese momento, garantiza que el tráfico se va a tratar acorde a las condiciones negociadas en el establecimiento.

Los conmutadores ATM ejecutan un algoritmo llamado dual leaky buckets que garantiza, celda por celda, que se está ofreciendo la calidad de servicio requerida. Está permitido que el DTE envíe los datos por un circuito a más velocidad de la negociada. En ese caso el conmutador ATM puede proceder al descarte de las celdas correspondientes en caso de saturación en algún punto de la red.

## Red inteligente

Una red de transporte ATM es una red inteligente en la que cada nodo que la compone es un elemento independiente. Como se ha comentado anteriormente, los conmutadores que forman la red ATM descubren individualmente la topología de red de su entorno mediante un protocolo de diálogo entre nodos.

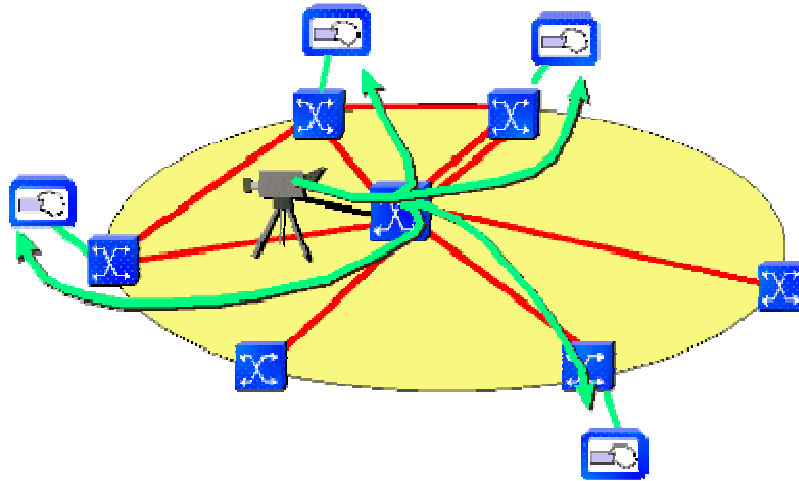
Este tipo de aproximación, novedoso en las redes de banda ancha, abre las puertas a un nuevo mundo de funcionalidades (enlaces de diferente velocidad, topología flexible, balanceo de tráfico, escalabilidad,...) y es, sin lugar a dudas, la piedra angular de la tecnología ATM.

## 4.4 APLICACIONES

### Broadcasting de vídeo

Mediante el uso de circuitos multipunto, una red ATM puede replicar en su interior una fuente de datos única hacia múltiples destinos. La replicación se realiza únicamente, siguiendo una estructura de árbol, allí donde el circuito multipunto se replica. De esta manera, el consumo de ancho de banda en el núcleo de la red se minimiza.

La aplicación más inmediata de los circuitos multipunto de ATM se encuentra en la distribución masiva de señal de vídeo desde un origen hasta múltiples destinatarios (televisión por cable, broadcasting de vídeo,...)



Los circuitos multipunto en aplicaciones de broadcasting de vídeo.

## Videoconferencia

Las aplicaciones de videoconferencia pueden verse como un caso específico de broadcasting de vídeo en el que múltiples fuentes envían señal hacia múltiples destinos de manera interactiva.

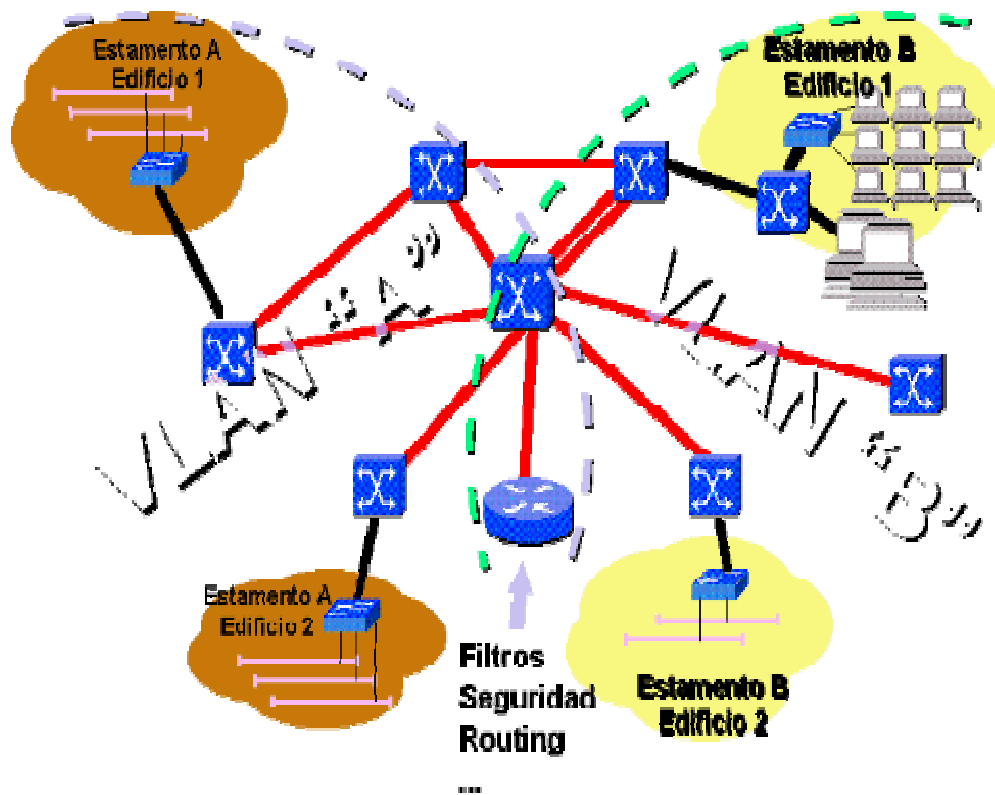
Los circuitos multipunto conmutados abren un nuevo mundo de posibilidades para las aplicaciones de videoconferencia de alta calidad. Una determinada dependencia puede entrar a formar parte del vídeo conferencia pidiendo, dinámicamente, una extensión de los circuitos multipunto correspondiente hacia su punto de conexión.

## LAN virtual (VLAN)

Desde el punto de vista del transporte de datos LAN, las infraestructuras de comunicaciones ATM permiten la aplicación de las técnicas de redes virtuales. El administrador de la red puede hacer que un conjunto de dependencias conectadas a la red de transporte interconecten sus LAN de manera aislada de como lo hacen otras dependencias.

Las redes virtuales son muy útiles en aquellos casos en los que las dependencias conectadas a la red de transporte no forman parte de un mismo estamento y se requiere, por lo tanto, una invisibilidad de los datos para cada organismo.

Aunque aisladas, se podrían interconectar las diferentes redes virtuales mediante una función de routing disponible en cualquier punto de la red que, entre otras cosas, garantizase unas determinadas políticas de seguridad.

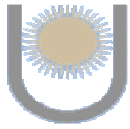


ATM permite la creación de redes virtuales para el tráfico LAN.

## 5. ¿QUÉ VENTAJAS OFRECE EL SERVICIO ATM RESPECTO A SOLUCIONES PUNTO A PUNTO?

El servicio ATM constituye una alternativa económica y flexible frente a las soluciones de red privada basadas en líneas dedicadas. Al basarse en la multiplexación estadística, permite la compartición y asignación dinámica de los recursos de transmisión a múltiples comunicaciones con el consiguiente ahorro económico. Es especialmente adecuado para redes malladas con alta conectividad entre sus sedes (concepto de CVP) sin ocasionar los gastos elevados inherentes a la instalación de múltiples líneas dedicadas y sus respectivos interfaces en el equipamiento del cliente. Mientras las líneas dedicadas constituyen una solución bastante rígida a la hora de modificar o ampliar la red y no ofrecen capacidad de enrutamiento alternativo en caso de producirse un fallo o caída de una línea, el servicio ATM se adapta a los cambios en la topología de la Red de Cliente, y utiliza mecanismos de encaminamiento que establecen vías alternativas dentro de la Red de Datos en caso de fallo.

Por último, ATM es un servicio gestionado extremo a extremo y, por tanto, incluye la gestión de la Red de Cliente, algo que en las líneas dedicadas es responsabilidad del cliente.

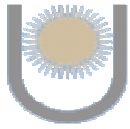


## **6. ¿QUÉ VENTAJAS OFRECE EL SERVICIO ATM RESPECTO AL SERVICIO FRAME RELAY?**

En concepto ATM es similar a Frame Relay, ambos tienen la ventaja de proporcionar mayor velocidad de transmisión que X.25. En ATM la información está organizada en paquetes de tamaño fijo llamados celdas. Al igual que en Frame Relay, no hay información para el control de errores ni de flujo en las celdas, lo que permite alcanzar altas velocidades.

En ATM, el uso de celdas pequeñas de tamaño fijo (53 octetos) ofrece varias ventajas.

En primer lugar, permite reducir el retardo en cola para una celda de alta prioridad cuando otra celda está siendo transmitida. En segundo lugar, al ser celdas de tamaño fijo, la conmutación puede ser realizada más eficientemente. Este es un factor importante para obtener tasas de bits tan altas.



## 7. CONCLUSIÓN

La mayoría de las organizaciones que emplean estas tecnologías están a favor de la tecnología de menor costo y que den el mejor desempeño. Estas tecnologías pueden ser usadas en formas híbridas o combinadas, dando una mejor opción para que el usuario realizar cambios en su previa configuración, si los hay. La tecnología ampliamente usada, Voz sobre IP es muy popular y es usada para transmitir ambos paquetes de voz y datos sobre una línea simple al menor costo. Similarmente, la Voz sobre ATM provee transmisión asíncrona y es el más rápido de todos.

Voz sobre FR es otra tecnología que esta ganando gran importancia en redes Frame Relay y su combinación con VoIP y ATM esta comenzando a ser diseñada para mayores usos. Por lo tanto, hay siempre una necesidad para inventar y explorar estas tecnologías, así que la tecnología es otorgada a todos los usuarios a un costo razonable y proveyendo el mejor servicio posible. Así, cada tecnología es mejor que la otra en algunos casos.

