

**PROTOLOS WAN MÁS UTILIZADOS**

**LUIS MIGUEL MARTÍNEZ OTERO**

**CORPORACIÓN UNIVERSITARIA TECNOLÓGICA DE  
BOLÍVAR**

**FACULTAD DE INGENIERÍA DE SISTEMAS**

**CARTAGENA DE INDIAS**

**2003**

# **PROTOLOS WAN MÁS UTILIZADOS**

**LUIS MIGUEL MARTÍNEZ OTERO**

**Monografía, presentado para optar al título de ingeniero  
de sistemas**

**Director**

**FRANCISCO JIMÉNEZ**

**Ingeniero Electrónico**

**CORPORACIÓN UNIVERSITARIA TECNOLÓGICA DE  
BOLÍVAR**

**FACULTAD DE INGENIERÍA DE SISTEMAS**

**CARTAGENA DE INDIAS**

**2003**

Cartagena de Indias, 23 de mayo de 2003

Señores  
Corporación Universitaria Tecnológica de Bolívar  
**COMITÉ DE EVALUACIÓN DE PROYECTOS**  
Facultad de ingeniería de Sistemas  
La ciudad

Distinguidos señores:

Con la presente me permito presentar para su estudio, consideración y aprobación, la monografía titulada **PROTOSCOLOS WAN MÁS UTILIZADOS**, como requisito para aprobar el menor en comunicación y redes.

Agradezco la atención prestada

---

**LUIS MIGUELMARTÍNEZ**

Señores  
Corporación Universitaria Tecnológica de Bolívar  
**COMITÉ DE EVALUACIÓN DE PROYECTOS**  
Facultad de ingeniería de Sistemas  
La ciudad

Distinguidos señores:

Con la presente me permito presentar para su estudio, consideración y aprobación, la monografía titulada **PROTOSCOLOS WAN MÁS UTILIZADOS**, como requisito para aprobar el menor en comunicación y redes. En la que participe como monitor.

Agradezco la atención prestada

---

**ING. FRANCISCO JIMENEZ**

**Artículo 105.**

La Universidad Tecnológica de Bolívar,  
Se reserva el derecho de propiedad in-  
telectual de todos los trabajos de grado  
aprobados y no pueden ser explotados  
comercialmente sin su autorización.

**Nota de aceptación**

-----  
-----  
-----  
-----  
-----  
-----

-----  
**Firma del presidente del jurado**

-----  
**Firma del jurado**

-----  
**Firma del jurado**

**Cartagena D.T Mayo 2003**

# CONTENIDO

	<b>PAG</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	
<b>1. FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE ATM</b>	<b>11</b>
1.1 NACIMIENTO DE ATM	11
1.2 NUEVA GENERACIÓN DE RED	12
1.2.1. Gestión del ancho de banda	12
1.2.2. Soporte del tráfico <i>broadcast</i>	14
1.2.3. Canales conmutados	14
1.2.4. Escalabilidad	15
<b>1.3 PUNTOS CLAVE DE LA TECNOLOGÍA ATM</b>	<b>17</b>
1.3.1. Estandarización	17
1.3.2. Multiplexación basada en celdas	18
1.3.3. Orientado a la conexión	18
1.3.4. Calidad de servicio (QoS)	19
<b>1.3.5. Red inteligente</b>	<b>20</b>
<b>1.4 TOPOLOGÍA DE LAS REDES ATM</b>	<b>20</b>
1.4.1. Modificación de enlaces	21
<b>1.5 TRANSPORTE DE SERVICIOS TRADICIONALES</b>	<b>23</b>
1.5.1. Emulación de circuito	23

1.5.2. Conmutación de voz (VSTN)	25
<b>1.6 NUEVAS APLICACIONES NATIVAS DE ATM</b>	<b>27</b>
1.6.1 <i>Broadcasting</i> de video	27
1.6.2 Videoconferencia	27
<b>1.6.3 LAN virtual(VLAN)</b>	<b>28</b>
<b>1.7 PROTOCOLO ATM</b>	<b>30</b>
1.7.1. La capa Física	30
1.7.2. La Capa de Adaptación de ATM	33
<b>2. CONCEPTOS TEÓRICOS DE FRAME RELAY</b>	<b>38</b>
<b>2.1 QUÉ ES FRAME RELAY</b>	<b>38</b>
<b>2.2 ESTANDARIZACIÓN DE FRAME RELAY</b>	<b>39</b>
<b>2.3 TECNOLOGÍA</b>	<b>42</b>
<b>2.4 FORMATOS DE LA TRAMA FRAME RELAY</b>	<b>47</b>
<b>2.5 FORMATO DE LA TRAMA LMI</b>	<b>51</b>
<b>2.6 VERIFICACION DE ERRORES EN FRAME RELAY</b>	<b>53</b>
<b>2.7 VENTAJAS</b>	<b>54</b>
<b>2.8 DESVENTAJAS</b>	<b>55</b>
<b>3. SEMEJANZAS Y DIFERENCIAS ENTRE ATM Y FRAME RELAY</b>	<b>57</b>
<b>3.1 SEMEJANZAS</b>	<b>57</b>
<b>3.2 DIFERENCIAS GENERALES IMPORTANTES</b>	<b>58</b>
3.2.1. Orientación	58
3.2.2. Velocidad de acceso	59



3.2.3. Consideración de la calidad de servicio	63
<b>4. APLICACIONES</b>	<b>64</b>
<b>4.1 APLICACIONES ATM</b>	<b>64</b>
<b>4.2 APLICACIONES FRAME RELAY</b>	<b>65</b>
<b>5 PRACTICAS DE LABORATORIO</b>	<b>67</b>

## GLOSARIO

AAL : ATM Adaptation Layer.

ANSI: Instituto Nacional Americano de Estándares.

AVR :(Available Bit Rate).

BECCN: (Backward Explicit Congestion Notification). Notificación de congestión explícita de envío B-RDSI: Red Digital de Servicios Integrados de Banda Ancha.

CBR: (Constant Bit Rate).

CCITT: Comité Consultivo Internacional de Telefonía y Telegrafía

CS: Convergence Sublayer (Capa de Convergencia).

DCE: Data Carrier Equipment (Equipo carrier de datos).

DE: (Discard Eligibility). Elegible para ser Rechazada.

DLCI : Data Link Connection Identifier

DTE: Data Terminal Equipment (Equipo terminal de datos).

DUAL LEAKY BUCKETS: Algoritmo para garantizar la calidad de servicio en ATM

FECN: (Forward Explicit Congestion Notification). Notificación de congestión explícita de reenvío" FRAD: Frame Relay Assembler/Disassembler.

FRND: Frame Relay Network Device.

HDLC: High-level Data Link Control.

HEC: Header Error Corrección.

ITU-T: Unión Internacional de Telecomunicaciones, Sector Telecomunicaciones.

JDS :Jerarquía Digital Síncrona.

LAN: Local Area network (Redes de área local).

LMI: Interfase de Administración Local.

NNI: Network to Network Interface

PMD: Physical Medium Dependent.

RDSI: Red Digital de Servicios Integrados.

SAR: (segmentation and reassembly ). Capa de Segmentación y reensamblaje

SDH: Synchronous Digital Hierarchy.

SMDS: Switched Multimegabit Data Service

SONET: Synchronous Optical Network. Redes Ópticas de gran ancho de banda y velocidad de transmisión.

TC Transmision Convergenc).

TDM: Time Division Multiplexation (Multiplexación por división de tiempo).

Time-slot: Tiempo de transmisión.

UBR :Undefined Bit Rate.

UNI:User Network Interface.

X.25: Tecnología de red en la cual se basa Frame Relay.

VBR: Variable Bit Rate.

VCIS: virtual channels

VPIS: Virtual paths identifiers

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> <i>ATM no tiene topología asociada</i>	21
<b>Figura 2.</b> <i>Libertad de actuación frente a cambios de enlace</i>	22
<b>Figura 3.</b> <i>Emulación de circuitos</i>	24
<b>Figura 4.</b> <i>Conmutación de voz sobre ATM</i>	25
<b>Figura 5.</b> <i>ATM permite la creación de redes virtuales para el tráfico LAN</i>	29
<b>Figura 6.</b> <i>Protocolo de Modelo de Referencia para ATM</i>	31
<b>Figura 7.</b> <i>Trama estándar Frame Relay</i>	47
<b>Figura 8.</b> <i>significado local del DLCI</i>	48
<b>Figura 9.</b> <i>Cabecera LMI</i>	51

## **RESUMEN**

En esta monografía se trata el tema de las tecnologías WAN más utilizadas actualmente. Más específicamente ATM y Frame Relay, que son unas de las más utilizadas y de mayor aceptación en la actualidad.

Primero se tratan los conceptos teóricos de cada una, como funcionan en que principios se basan, sus características principales, sus diferentes modos de funcionamiento, ventajas y desventajas; en definitiva todo lo relacionado con su aspecto teórico. Después se trata el tema de las semejanzas y diferencias entre ambas tecnologías, sobre todo en lo referente a las velocidades de acceso, orientación y calidad de servicio.

Se mencionan las diferentes aplicaciones para las que se están utilizando ambas tecnologías, como por ejemplo videoconferencias, transmisión de voz, boadcasting de videos, por mencionar algunas ya que son muchas las posibles aplicaciones a futuro que se pueden dar utilizando estas tecnologías; que cada vez siguen evolucionado y ocupando un lugar cada vez más relevante en cuanto a la transmisión de información se refiere.

Por último se realizaron unas practicas de laboratorio con el fin de que puedan ser implementadas por los estudiantes en el laboratorio de redes de la universidad.

Las practicas consisten en la configuración los proctolos HDLC y Frame Relay en los routers Cisco con que cuenta el laboratorio, de esta manera se pondrá a prueba como funcionan dichos protocolos y como trabajan en realidad.

El trabajo termina en este punto, se espera que sea de utilidad para futuras consultas de los estudiantes.

## INTRODUCCIÓN

Con el trabajo se pretende dar unas bases para la comprensión de tecnologías utilizadas en la WAN para la transmisión de información, en especial tecnologías como ATM y Frame Relay, que en la actualidad son de las más utilizadas debido a las grandes ventajas ofrecen, en cuanto a velocidad y confiabilidad se refiere. Lo anterior se debe a que las nuevas aplicaciones como transmisión de video, voz y aplicaciones sensibles requieren un gran ancho de banda y altas velocidades para que funcionen correctamente, lo que garantiza que el mercado cada vez demande más por este tipo de tecnologías que satisfacen las necesidades actuales y futuras en cuanto a transmisión de datos se refiere.

Se incluyen unas prácticas de laboratorio, con el fin de afianzar y poner en practica lo que en el trabajo se propone. Dichas practicas están elaboradas para que se puedan realizar con los equipos con que actualmente cuenta el laboratorio de redes de la universidad. Estas practicas son fáciles de realizar y harán que los estudiantes comprendan mejor la teoría expuesta y el funcionamiento de las tecnologías.

## **OBJETIVOS**

### **GENERAL.**

Conocer y entender los conceptos en los que se basan algunas de las tecnologías más usadas para la transmisión de información en el ambiente WAN, tecnologías como ATM y Frame Relay. Entender su funcionamiento y poner en practica los conocimientos obtenidos en practicas de laboratorio.

### **ESPECIFICOS.**

- Exponer los conceptos teóricos en los que se basa la tecnología ATM.
- Exponer los conceptos teóricos en los que se basa la tecnología Frame Relay.
- Hacer una comparación para observar sus semejanzas y diferencias
- Mostrar las diferentes aplicaciones que tienen en la actualidad las dos tecnologías.
- Elaborar unas guías con practicas de laboratorio que para que los estudiantes puedan poner a prueba lo que les dice la teoría.



# 1 FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE ATM

## 1.1 NACIMIENTO DE ATM

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

En este documento analizaremos tanto las causas de su aparición, como sus características particulares, lo que nos permitirá situar las diferencias entre Redes ATM y Redes TDM, sus puntos en común (transporte SDH) y sus aplicaciones concretas.

## **1.2 NUEVA GENERACIÓN DE RED**

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.

**1.2.1. 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.

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 las 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.

**1.2.2. 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.

**1.2.3. 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, Frame Relay, etc) se hacen, cada vez más, necesarias en la capa de banda ancha (Cable-TV, Videoconferencia, etc). 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, etc.)

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.

**1.2.4. 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, Frame Relay, etc), 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 este motivo, 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.

### 1.3 PUNTOS CLAVE DE LA TECNOLOGÍA ATM

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

**1.3.1. 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.

**1.3.2. 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 especializados que conmuten estas celdas a las velocidades exigidas en la banda ancha (actuales y futuras). 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, datos, etc).

**1.3.3. 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).

**1.3.4. 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 válida 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.

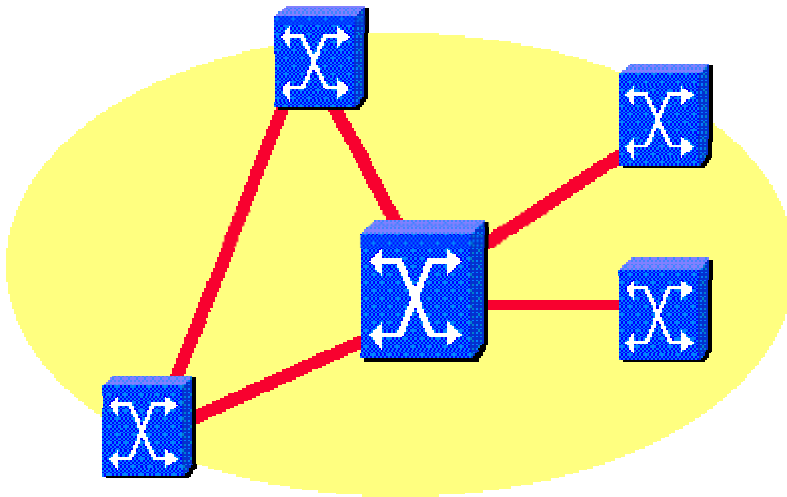
Los conmutadores ATM ejecutan un algoritmo llamado *dual leaky buckets* que garantiza, celda por celda, que se está ofreciendo la calidad de servicio requerida. Está permitido que el DTE envíe los datos por un circuito a más velocidad de la negociada. En ese caso el conmutador ATM puede proceder al descarte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

**1.3.5. 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, etc) y es, sin lugar a dudas, la piedra angular de la tecnología ATM.

#### **1.4 TOPOLOGÍA DE LAS REDES ATM**

Con la tecnología ATM se consigue crear una red de transporte de banda ancha de topología variable. Es decir, en función de las necesidades y enlaces disponibles, el administrador de la red puede optar por una topología en estrella, malla, árbol, etc. con una configuración libre de enlaces (E1, E3, OC-3, etc).

Figura 1. *ATM no tiene topología asociada*

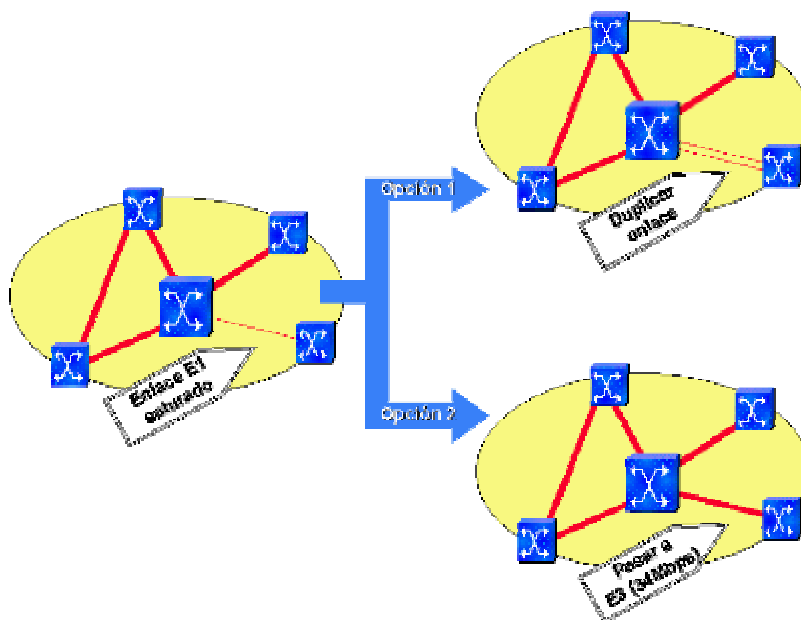


La gran ventaja es la indiscutible capacidad de adaptación a las necesidades que ATM puede ofrecer. Una empresa puede empezar a desarrollar su red de transporte de banda ancha en base a unas premisas de ancho de banda y cobertura obtenidas a raíz de un estudio de necesidades. La evolución de las aplicaciones puede conducir a que una de esas premisas quede obsoleta y que se necesite una redefinición del diseño. En este caso el administrador dispone de total libertad para cambiar enlaces o añadir nodos allí donde sea necesario.

**1.4.1. Modificación de enlaces.** Pongamos, por ejemplo, el caso de una dependencia que accede al resto de la red de transporte ATM mediante un enlace

E1 a 2Mbps. Por un crecimiento inesperado en el número de trabajadores en dicha dependencia, las necesidades de ancho de banda sobrepasan el umbral de los 2Mbps que en el momento del diseño de la red se consideró suficiente.

Figura 2. *Libertad de actuación frente a cambios de enlace*



Ante esta situación, el administrador de la red puede optar por dos soluciones. Una de ellas consiste en contratar un segundo enlace E1 para el acceso de la dependencia (un agregado de 4Mbps) o cambiar el enlace principal al otro nivel en la jerarquía (E3 a 34Mbps) Cualquiera de las dos actuaciones será detectada instantáneamente por los conmutadores ATM afectados sin necesidad de reconfigurar la red.

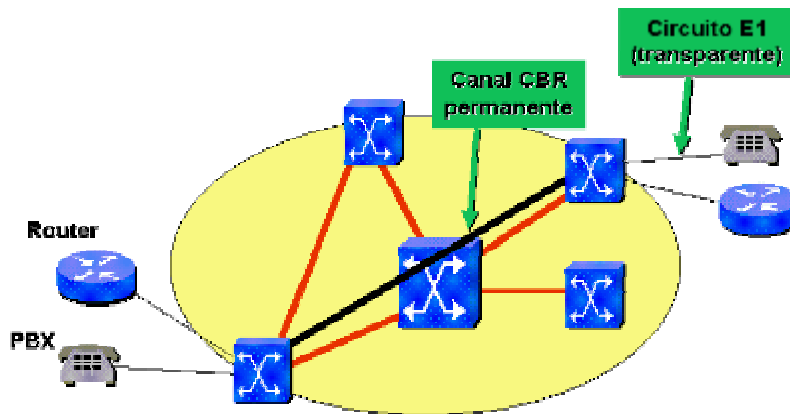
## **1.5 TRANSPORTE DE SERVICIOS TRADICIONALES**

En el campo de las aplicaciones, una red de transporte digital ATM ofrece un conjunto nuevo de funcionalidades disponibles, sin dejar de ofrecer las funciones tradicionales.

**1.5.1. Emulación de circuito.** Mediante la emulación de circuito una red ATM se puede comportar exactamente igual que una red de transporte basada en tecnología SDH.

La técnica de emulación de circuito consiste en la creación de un canal permanente sobre la red ATM entre un punto origen y otro de destino a una velocidad determinada. Este canal permanente se crea con características de velocidad de bit constante (CBR). En los puntos extremos de la red ATM se disponen interfaces eléctricos adecuados a la velocidad requerida (E1, V.35, V.11, etc) y los equipos terminales a ellos conectados dialogan transparentemente a través de la red ATM.

Figura 3. Emulación de circuito

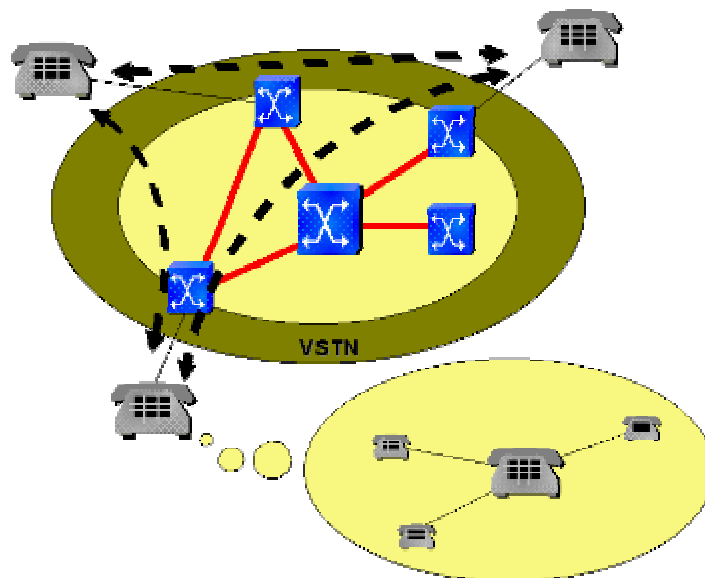


Los datos que envían los DTE en los extremos de la emulación de circuito, son transformados en celdas y transmitidos a través del circuito permanente CBR hacia su destino. A la vez que se procede a la transformación de la información en celdas, se ejecuta un algoritmo de extremo a extremo, que garantiza el sincronismo del circuito. Mediante la técnica de emulación de circuito, una red ATM puede comportarse como una red de transporte basada en la multiplexación en el tiempo (TDM). Este tipo de servicio permite transportar enlaces digitales de centralita, líneas punto a punto, enlaces E1 para *codecs*, etc. transparentemente.

El objetivo en la definición de ATM fue que ésta fuera la nueva generación de red de transporte de banda ancha, con un conjunto de funcionalidades nuevas, pero completamente compatible con los servicios tradicionales de transporte.

**1.5.2. Conmutación de voz (VSTN).** Como para el tráfico Frame Relay, ATM ofrece una nueva manera de transportar el tráfico de voz sobre la red de transporte (a parte de la obvia de emulación de circuito). La aproximación consiste en conseguir que la red de transporte ATM sea emulada como una gran centralita de tránsito (*tandem PBX*). Esta técnica recibe el nombre de conmutación de voz sobre ATM.

*Figura 4. Conmutación de voz sobre ATM*



Lo que se busca es que el propio conmutador ATM pueda interpretar el canal de señalización de la centralita y crear canales conmutados para la transmisión de cada circuito de voz independientemente. El circuito va desde la centralita origen hasta la de destino sin la necesidad de pasar por ninguna centralita de tránsito externa. Al igual que en el caso de Frame Relay, la red ATM puede conocer el

número de llamadas de voz que hay en cada momento del tiempo y por lo tanto, usar únicamente el ancho de banda necesario para su transmisión (el resto se reasigna a otros servicios).

Otras ventajas de esta aproximación es la capacidad de la red ATM de informar a las centralitas por el canal de señalización de como prosperan sus llamadas individualmente. Frente a estas notificaciones, una centralita puede decidir conmutar una llamada determinada por la red pública en caso de congestión en la red de transporte corporativa. En el caso que las centralitas usen compresión de voz, el uso de la técnica de conmutación de voz sobre ATM les asegura que un determinado circuito se comprime / descomprime en un único punto y por lo tanto, la señal no sufre la pérdida de calidad asociada a las redes basadas en muchos saltos entre centralitas.

La conmutación de voz sobre ATM elimina la necesidad de grandes centralitas de tránsito existentes en las grandes redes de voz y hace más sencillas las tablas de encaminamiento con lo que la escalabilidad es mucho mayor y mucho más económica).



## 1.6 NUEVAS APLICACIONES NATIVAS EN ATM

A continuaciones se enuncian un pequeño conjunto de aplicaciones que disfrutan, actualmente, de los nuevos servicios ofrecidos por las redes de transporte ATM.

**1.6.1. *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, ...)

**1.6.2. *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

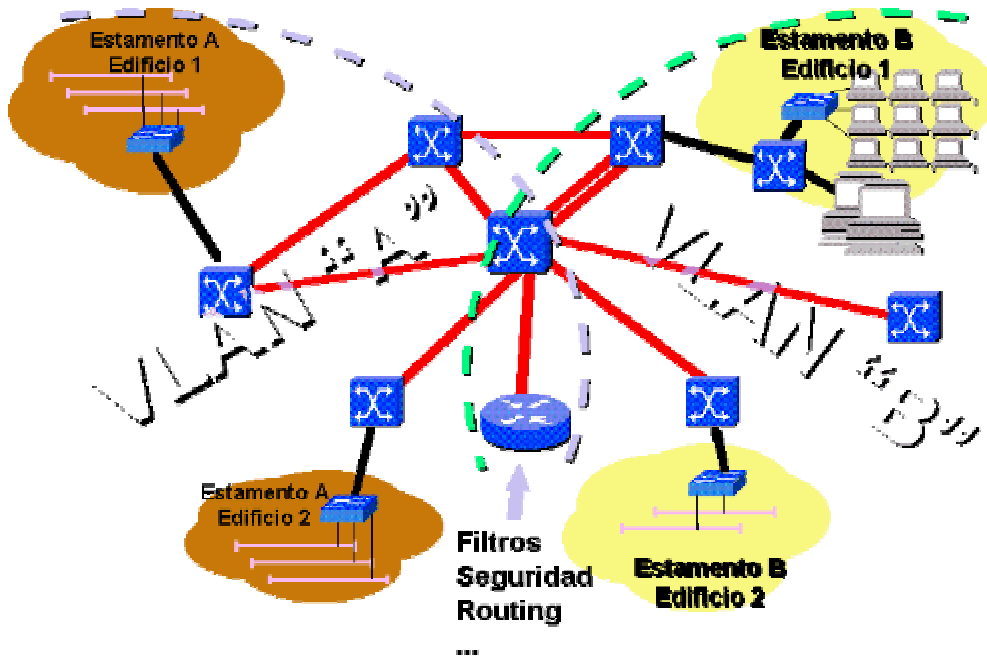
aplicaciones de videoconferencia de alta calidad. Una determinada dependencia puede entrar a formar parte de la vídeo conferencia pidiendo dinámicamente, una extensión de los circuitos multipunto correspondientes hacia su punto de conexión.

**1.6.3. LAN virtual(VLAN).** Desde el punto de vista del transporte de datos LAN, las infraestructuras de comunicaciones ATM permiten la aplicación de la 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.

Figura 5. ATM permite la creación de redes virtuales para el tráfico LAN



La tecnología ATM ha sido definida tanto por el ANSI como por el CCITT a través de sus respectivos comités ANSI T1, UIT SG XVIII, como la tecnología de transporte para la B-ISDN (Broad Band Integrated Services Digital Network), la RDSI de banda ancha. En este contexto "transporte" se refiere al uso de técnicas de conmutación y multiplexación en la capa de enlace (Capa 2 del modelo OSI) para el trasiego del tráfico del usuario final de la fuente al destino, dentro de una red. El ATM Forum, grupo de fabricantes y usuarios dedicado al análisis y avances de ATM, ha aprobado cuatro velocidades UNI (User Network Interfases) para ATM: DS3 (44.736 Mbit/s), SONET STS3C (155.52 Mbit/s) y 100 Mbit/s para UNI privados y 155 Mbit/s para UNI privadas. UNI privadas se refieren a la

interconexión de usuarios ATM con un switch ATM privado que es manejado como parte de la misma red corporativa. Aunque la tasa de datos original para ATM fue de 45 Mbit/s especificado para redes de operadores (carriers) con redes T3 existentes, velocidades UNI adicionales se han venido evaluando y están ofreciéndose. También hay un alto interés en interfases, para velocidades E1 (2Mbps) y T1 (1,544 Mbps) para accesos ATM de baja velocidad.

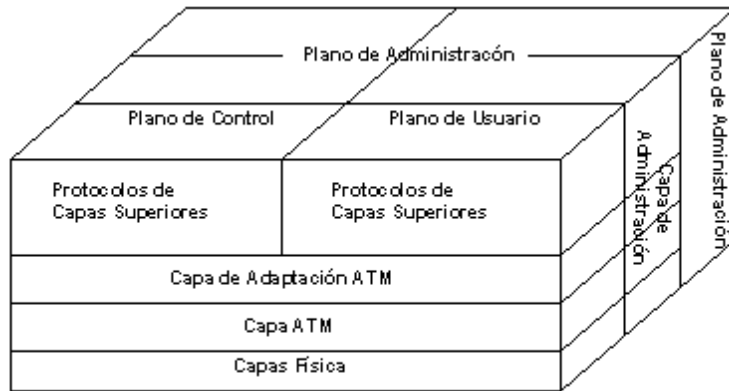
## **1.7 PROTOCOLO ATM.**

El protocolo ATM consiste de tres niveles o capas:

**1.7.1 La capa Física.** La primera capa llamada capa física (Physical Layer), define los interfases físicos con los medios de transmisión y el protocolo de trama para la red ATM es responsable de la correcta transmisión y recepción de los bits en el medio físico apropiado. A diferencia de muchas tecnologías LAN como Ethernet, que especifica ciertos medios de transmisión, (10 base T, 10 base 5, etc.) ATM es independiente del transporte físico. Las celdas ATM pueden ser transportadas en redes SONET (Synchronous Optical Network), SDH (Synchronous Digital Hierarchy), T3/E3, T1/E1 o aún en módems de 9600 bps. Hay

dos subcapas en la capa física que separan el medio físico de transmisión y la extracción de los datos:

*Figura6. Protocolo de Modelo de Referencia para ATM*



**Fig. 3 Protocolo de Modelo de Referencia para ATM Banda Ancha**

La subcapa PMD (*Physical Medium Dependent*) tiene que ver con los detalles que se especifican para velocidades de transmisión, tipos de conectores físicos, extracción de reloj, etc., Por ejemplo, la tasa de datos SONET que se usa, es parte del PMD. La subcapa TC (*Transmission Convergence*) tiene que ver con la extracción de información contenida desde la misma capa física. Esto incluye la generación y el chequeo del *Header Error Corrección* (HEC), extrayendo celdas desde el flujo de bits de entrada y el procesamiento de celdas "idles" y el reconocimiento del límite de la celda. Otra función importante es intercambiar información de operación y mantenimiento (OAM) con el plano de administración.

La segunda capa es la capa ATM. Ella define la estructura de la celda y cómo las celdas fluyen sobre las conexiones lógicas en una red ATM, esta capa es independiente del servicio. El formato de una celda ATM es muy simple. Consiste de 5 bytes de cabecera y 48 bytes para información.

Las celdas son transmitidas serialmente y se propagan en estricta secuencia numérica a través de la red. El tamaño de la celda ha sido escogido como un compromiso entre una larga celda, que es muy eficiente para transmitir largas tramas de datos y longitudes de celdas cortas que minimizan el retardo de procesamiento de extremo a extremo, que son buenas para voz, vídeo y protocolos sensibles al retardo. A pesar de que no se diseñó específicamente para eso, la longitud de la celda ATM acomoda convenientemente dos *Fast Packets* IPX de 24 bytes cada uno.

Los comités de estándares han definido dos tipos de cabeceras ATM: los *User-to-Network Interface* (UNI) y la *Network to Network Interface* (UNI). La UNI es un modo nativo de interfaz ATM que define la interfaz entre el equipo del cliente (*Customer Premises Equipment*), tal como hubs o routers ATM y la red de área ancha ATM (ATM WAN). La NNI define la interfase entre los nodos de la redes

(los switches o conmutadores) o entre redes. La NNI puede usarse como una interfase entre una red ATM de un usuario privado y la red ATM de un proveedor público (*carrier*). Específicamente, la función principal de ambos tipos de cabeceras de UNI y la NNI, es identificar las "*Virtual paths identifiers*" (VPIS) y los "*virtual circuits*" o "*virtual channels*"(VCIS) como identificadores para el ruteo y la conmutación de las celdas ATM.

**1.7.2. La Capa de Adaptación de ATM.** La tercer capa es la ATM Adaptation Layer (AAL). La AAL juega un rol clave en el manejo de múltiples tipos de tráfico para usar la red ATM, y es dependiente del servicio. Específicamente, su trabajo es adaptar los servicios dados por la capa ATM a aquellos servicios que son requeridos por las capas más altas, tales como emulación de circuitos, (circuit emulation), vídeo, audio, Frame Relay, etc. La AAL recibe los datos de varias fuentes o aplicaciones y las convierte en los segmentos de 48 bytes. Cinco tipos de servicio AAL están definidos actualmente:

La capa de Adaptación de ATM yace entre el ATM layer y las capas más altas que usan el servicio ATM. Su propósito principal es resolver cualquier disparidad entre un servicio requerido por el usuario y atender los servicios disponibles del ATM layer. La capa de adaptación introduce la información en paquetes ATM y

controla los errores de la transmisión. La información transportada por la capa de adaptación se divide en cuatro clases según las propiedades siguientes:

1. Que la información que esta siendo transportada dependa o no del tiempo.
2. Tasa de bit constante/variable.
3. Modo de conexión.

Estas propiedades definen ocho clases posibles, cuatro se definen como B-ISDN Clases de servicios. La capa de adaptación de ATM define 4 servicios para equiparar las 4 clases definidas por B-ISDN:

- AAL-1
- AAL-2
- AAL-3
- AAL-4

La capa de adaptación se divide en dos subcapas:

1)Capa de convergencia (*convergence sublayer (CS)*) : en esta capa se calculan los valores que debe llevar la cabecera y los *payloads* del mensaje. La



información en la cabecera y en el *payload* depende de la clase de información que va a ser transportada.

## 2)Capa de Segmentación y reensamblaje (*segmentation and reassembly* (SAR))

Esta capa recibe los datos de la capa de convergencia y los divide en trozos formando los paquetes de ATM. Agrega la cabecera que llevara la información necesaria para el reensamblaje en el destino.

La subcapa CS es dependiente del servicio y se encarga de recibir y empaquetar los datos provenientes de varias aplicaciones en tramas o paquete de datos longitud variable. Estos paquetes son conocidos como (CS - PDU) *CONVERGENCE SUBLAYER PROTOCOL DATA UNITS*.

Luego, la sub capa recibe los SAR CS - PDU, los reparte en porciones del tamaño de la celda ATM para su transmisión. También realiza la función inversa (reensamblado) para las unidades de información de orden superior. Cada porción es ubicada en su propia unidad de protocolo de segmentación y

reensamble conocida como (SAR - PDU) *SEGMENTATION AND REASSEMBLER PROTOCOL DATA UNIT*, de 48 bytes.

Finalmente cada SAR - PDU se ubica en el caudal de celdas ATM con su *header* y trailer respectivos.

**AAL 1:** AAL-1 se usa para transferir tasas de bits constantes que dependen del tiempo. Debe enviar por lo tanto información que regule el tiempo con los datos. AAL-1 provee recuperación de errores e indica la información con errores que no podrá ser recuperada.

**AAL 2:** AAL-2 se usa para transferir datos con tasa de bits variable que dependen del tiempo. Envía la información del tiempo conjuntamente con los datos para que esta puede recuperarse en el destino. AAL-2 provee recuperación de errores e indica la información que no puede recuperarse.

**AAL 3:** AAL-3 se diseña para transferir los datos con tasa de bits variable que son independientes del tiempo. AAL-3 puede ser dividido en dos modos de operación:

1. Fiable: En caso de pérdida o mala recepción de datos estos vuelven a ser enviados. El control de flujo es soportado.

2. No fiable: La recuperación del error es dejado para capas mas altas y el control de flujo es opcional.

*ALL 4:* AAL-4 se diseña para transportar datos con tasa de bits variable independientes del tiempo. Es similar al AAL3 y también puede operar en transmisión fiable y o no fiable. AAL-4 provee la capacidad de transferir datos fuera de una conexión explícita.

AAL 2, AAL 3/4 y AAL 5 manejan varios tipos de servicios de datos sobre la base de tasas de bits variables tales como Switched Multimegabit Data Service (SMDS), Frame Relay o tráfico de redes de área local (LAN). AAL 2 y AAL 3 soportan paquetes orientados a conexión.

## **2. CONCEPTOS TEÓRICOS DE FRAME RELAY**

### **2.1 QUÉ ES FRAME RELAY.**

Frame Relay es un protocolo de WAN de alto desempeño que opera en las capas físicas y de enlace de datos del modelo de referencia OSI. Originalmente, la tecnología Frame Relay fue diseñada para ser utilizada a través de las ISDN (Interfases de la Red Digital de Servicios Integrados). Hoy en día se utiliza también a través de una gran variedad de interfases de otras redes.

Frame Relay es un ejemplo de tecnología de conmutación de paquetes. En las redes que utilizan esta tecnología, las estaciones terminales comparten el medio de transmisión de la red de manera dinámica, así como el ancho de banda disponible. Los paquetes de longitud variable se utilizan en transferencias más eficientes y flexibles. Posteriormente, estos paquetes se conmutan entre los diferentes segmentos de la red hasta que llegan a su destino. Las técnicas de multiplexaje estadístico controlan el acceso a la red en una red de conmutación de paquetes. La ventaja de esta técnica es que permite un uso más flexible y eficiente

de ancho de banda. La mayoría de las LAN más aceptadas en la actualidad, como Ethernet y Token Ring, son redes de conmutación de paquetes.

A veces se describe a Frame Relay como una versión compacta de X.25 con menos características en cuanto a robustez, como el ventaneo y la retransmisión de los datos más recientes, que se ofrecen en X.25. Esto se debe a que Frame Relay normalmente opera a través de instalaciones WAN que ofrecen servicios de conexión más confiables y un mayor grado de confiabilidad que las disponibles a finales de los años 70 e inicio de los 80, las cuales servían como plataformas habituales para las WANs X.25. Como se dijo anteriormente, Frame Relay es estrictamente una arquitectura de la Capa 2, en tanto que X.25 también proporciona servicios de la Capa 3 (la capa de red). Por lo anterior, Frame Relay supera en desempeño y eficiencia la transmisión a X.25, y la tecnología Frame Relay resulta apropiada para las aplicaciones WAN actuales, como la interconexión LAN.

## **2.2 ESTANDARIZACIÓN DE FRAME RELAY.**

La propuesta inicial para la estandarización de Frame Relay la presentó el CCITT (Comité Consultivo Internacional de Telefonía y Telegrafía) en 1984. Sin embargo,

por su falta de interoperabilidad y estandarización, Frame Relay no tuvo gran aceptación a finales de los 80.

En 1990 ocurrió un gran desarrollo en la historia de Frame Relay cuando las compañías Cisco, Digital Equipment, Northern Telecom y StrataCom formaron un consorcio para aplicarse al desarrollo de la tecnología Frame Relay. Dicho consorcio desarrolló una especificación que conformó el desarrollo básico de Frame Relay que se estaba analizando en el CCITT, pero ampliaba el protocolo con características que ofrecían facilidades adicionales en entornos complejos de interconectividad en redes. A estas extensiones de Frame Relay se les conoce en conjunto como LMI (Interfase de Administración Local).

Desde que la especificación del consorcio se desarrolló y publicó, muchos proveedores han anunciado su apoyo a esta definición extendida de Frame Relay. La ANSI y el CCIT estandarizaron, posteriormente sus propias variaciones a la especificación LMI original, y actualmente se utilizan dichas especificaciones estandarizadas con mayor frecuencia que la versión original.

En el ámbito internacional, la tecnología Frame Relay fue estandarizada por la ITU-T (Unión Internacional de Telecomunicaciones, Sector Telecomunicaciones). En Estados Unidos, Frame Relay es un estándar de ANSI (Instituto Nacional Americano de Estándares).

Frame Relay se define, oficialmente, como un servicio portador RDSI de banda estrecha en modo de paquetes, y ha sido especialmente adaptado para velocidades de hasta 2 Mbps., aunque nada le impide superarlas.

Como hemos visto antes, Frame Relay proporciona conexiones entre usuarios a través de una red pública, del mismo modo que lo haría una red privada con circuitos punto a punto. De hecho, su gran ventaja es la de reemplazar las líneas privadas por un sólo enlace a la red. El uso de conexiones implica que los nodos de la red son conmutadores, y las tramas deben de llegar ordenadas al destinatario, ya que todas siguen el mismo camino a través de la red.

## 2.3 TECNOLOGÍA.

Las redes Frame Relay se construyen partiendo de un equipamiento de usuario que se encarga de empaquetar todas las tramas de los protocolos existentes en una única trama Frame Relay. También incorporan los nodos que conmutan las tramas Frame Relay en función del identificador de conexión, a través de la ruta establecida para la conexión en la red. Este equipo se denomina FRAD o "Ensamblador/Desensamblador Frame Relay" (*Frame Relay Assembler/Disassembler*) y el nodo de red se denomina FRND o "Dispositivo de Red Frame Relay" (*Frame Relay Network Device*).

Las tramas y cabeceras de Frame Relay pueden tener diferentes longitudes, ya que hay una gran variedad de opciones disponibles en la implementación, conocidos como anexos a las definiciones del estándar básico. La información transmitida en una trama Frame Relay puede oscilar entre 1 y 8.000 bytes, aunque por defecto es de 1.600 bytes.



Lo más importante de todo es que a pesar del gran número de formas y tamaños Frame Relay funciona perfectamente, y ha demostrado un muy alto grado de interoperabilidad entre diferentes fabricantes de equipos y redes. Ello es debido a que, sean las que sean las opciones empleadas por una determinada implementación de red o equipamiento, siempre existe la posibilidad de "convertir" los formatos de Frame Relay a uno común, intercambiando así las tramas en dicho formato.

Las redes Frame Relay son orientadas a conexión, como X.25, SNA e incluso ATM. El identificador de conexión es la concatenación de dos campos de HDLC (High-level Data Link Control), en cuyas especificaciones originales de unidad de datos (protocolo de la capa 2), se basa Frame Relay. Por ello, el "identificador de conexión de enlace de datos" o DLCI (Data Link Connection Identifier), está interrumpido por algunos bits de control.

Otros bits de la cabecera tienen funciones muy especiales en las redes Frame Relay. Dado que los nodos conmutadores Frame Relay carecen de una estructura de paquetes en la capa 3, que por lo general es empleada para implementar

funciones como el control de flujo y de la congestión de la red, y que estas funciones son imprescindibles para el adecuado funcionamiento de cualquier red, se decidió emplear, para ello, algunos bits de la cabecera.

Los tres más esenciales son DE o "elegible para ser rechazada" (*Discard Eligibility*), FECN o "notificación de congestión explícita de reenvío" (*Forward Explicit Congestion Notification*), y BECN o "notificación de congestión explícita de envío" (*Backward Explicit Congestion Notification*). El bit DE es usado para identificar tramas que pueden ser rechazadas en la red en caso de congestión. FECN es usado con protocolos de sistema final que controlan el flujo de datos entre emisor y el receptor, como el mecanismo "*windowing*" de TCP/IP; en teoría, el receptor puede ajustar su tamaño de "ventana" en respuesta a las tramas que llegan con el bit FECN activado. BECN, como es lógico, puede ser usado con protocolos que controlan el flujo de los datos extremo a extremo en el propio emisor. Es importante destacar que, en estos aspectos, Frame Relay e incluso más avanzado que ATM, que carece de capacidades explícitas FECN y BECN. Por otro lado, el bit CLP de ATM puede ser fácilmente empleado para proporcionar la funcionalidad del bit DE.

Frame Relay también ha sido denominado "tecnología de paquetes rápidos" (*fast packet technology*) o "X.25 para los 90'", y esto es cierto en gran medida. El

protocolo X.25 opera en la capa 3 e inferiores del modelo OSI, y mediante la conmutación de paquetes, a través de una red de conmutadores, entre identificadores de conexión. En cada salto de la red X.25 se verifica la integridad de los paquetes y cada conmutador proporciona una función de control de flujo. La función de control de flujo impide que un conmutador X.25 no envíe paquetes a mayor velocidad de la que el receptor de los mismos sea capaz de procesarlos. Para ello, el conmutador X.25 receptor no envía inmediatamente la señal de reconocimiento de los datos remitidos, con lo que el emisor de los mismos no envía más que un determinado número de paquetes a la red en un momento dado.

Frame Relay realiza la misma función, pero partiendo de la capa 2 e inferiores. Para ello, descarta todas las funciones de la capa 3 que realizaría un conmutador de paquetes X.25, y las combina con las funciones de trama. La trama contiene así al identificador de conexión, y es transmitida a través de los nodos de la red en lugar de realizar una "conmutación de paquetes". Lógicamente, todo el control de errores en el contenido de la trama, y el control de flujo, debe de ser realizado en los extremos de la comunicación (nodo origen y nodo destino). La conmutación de paquetes en X.25, un proceso de 10 pasos, se convierte en uno de 2 pasos, a través de la transmisión de tramas.

El procedimiento de control de errores y de flujo empleado en Frame Relay, implica que los mismos se realizan para el beneficio de la red misma, y no para el de los usuarios. Si se hallan errores, la trama es rechazada. Es un claro cambio de prioridades comparado con X.25.

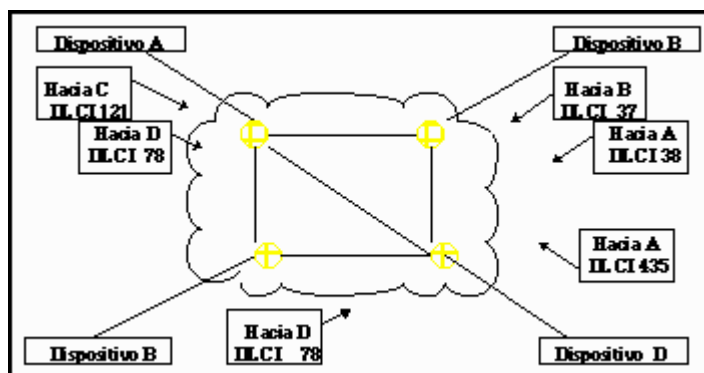


**Flags (indicadores):** Delimitan el comienzo y la terminación de la trama. El valor de este campo es siempre el mismo y se representa con el número hexadecimal 7E o el número binario 01111110.

**Direcciones:** Contiene la información siguiente

- **DLCI:** El DLCI de 10 bits es la esencia del encabezado de Frame Relay. Este valor representa la conexión virtual entre el dispositivo DTE y el switch. Cada conexión virtual que se multiplexe en el canal físico será representada por un DLCI único. Los valores del DLCI tienen significado local solamente, lo que indica que son únicos para el canal físico en que residen; por lo tanto, los dispositivos que se encuentran en los extremos opuestos de una conexión pueden utilizar diferentes valores DLCI para hacer referencia a la misma conexión virtual.

Figura 8. *significado local del DLCI*



- EA (dirección extendida): La EA se utiliza para indicar si el byte cuyo valor Ea es 1, es el último campo de direccionamiento. Si el valor es 1, entonces se determina que este byte sea el último octeto DLCI. Aunque todas las implementaciones actuales de Frame Relay utilizan un DLCI de dos octetos, esta característica permitirá que en el futuro se utilicen DLCIs más largos. El octavo bit de cada byte del campo de direcciones se utiliza para indicar el EA.
- C/R: El C/R es el bit que sigue después del byte DLCI más significativo en el campo de direcciones. El bit C/R no está definido hasta el momento.
- Control de saturación: Este campo consta de 3 bits que controlan los mecanismos de notificación de la saturación en Frame Relay. Éstos son los bits FECN, BECN y DE, que son los últimos bits en el campo de direcciones.
- FECN (notificación de la Saturación Explícita Hacia Adelante): Es un campo de un solo bit que puede fijarse con el valor de 1 por medio de un interruptor para indicar a un dispositivo DTE terminal, como un ruteador, que ha habido saturación en la dirección de la trama del origen al destino. La ventaja principal de usar los campos FECN y BECN es la habilidad que

tienen los protocolos de las capas superiores de reaccionar de manera inteligente ante estos indicadores de saturación. Hoy día, los protocolos DECnet y OSI son los únicos protocolos de las capas superiores que implementan estas características.

- BECN (Notificación de Saturación Explícita Hacia Atrás): Es un campo de un solo bit que, al ser establecido en 1 el valor por un switch, indica que ha habido saturación en la red en la dirección opuesta a la de la transmisión de la trama desde el origen al destino.
- DE (Eligibilidad para Descartes): Este bit es fijado por el dispositivo DTE, un router por ejemplo, para indicar que la trama marcada es de menor importancia en relación con otras tramas que se marcan como "elegible para descartes" deben ser descartadas antes de cualquier otra. Lo anterior representa un mecanismo justo de establecimiento de prioridad en las redes Frame Relay.

**Datos:** Los datos contienen información encapsulada de las capas superiores. Cada trama en este campo de longitud variable incluye un campo de datos de usuario o carga útil que varía en longitud y podrá tener hasta 16,000 bytes. Este campo sirve para transportar el PDU (Paquete de Protocolo de las Capas Superiores) a través de una red Frame Relay.



**FCS (Secuencia de verificación de tramas):** Asegura la integridad de los datos transmitidos. Este valor calculado por el dispositivo de origen y verificado por el receptor para asegurar la integridad de la transmisión.

## 2.5 FORMATO DE LA TRAMA LMI

Las tramas Frame Relay que siguen las especificaciones LMI contienen los campos que se muestran en la siguiente figura:

Figura 9. *Cabecera LMI*

Hag	Cabecera	Indicador de tramas no numeradas	Discriminador del protocolo	Referencia a llamada	Tipo de Mensaje	Elementos de información	FCS	Hag
-----	----------	----------------------------------	-----------------------------	----------------------	-----------------	--------------------------	-----	-----

**Indicador:** Delimita el comienzo y el final de la trama

**LMI DLCI:** Identifica la trama como una trama LMI en vez de una trama básica Frame Relay. El valor DLCI específico del LMI definido por la especificación del consorcio LMI es DLCI = 1023.

**Indicador de la información no numerada:** Fija el bit sondeo/final en cero.

**Discriminador de protocolos:** Siempre contiene un valor que indica que es una trama LMI.

**Tipo de mensaje:** Etiqueta la trama con uno de los siguientes tipos de mensaje:

- Mensaje de solicitud de status: Permite que un dispositivo de usuario solicite el status de la red
- Mensaje de status: Responde a los mensajes de solicitud de status. Los mensajes de status incluyen mensajes de sobrevivencia y de status del PVC.

**Referencia de llamada:** Siempre contiene ceros. En la actualidad este campo no se usa ni tiene ningún propósito.

**Elementos de información:** Contiene una cantidad variable de IEs (Elementos Individuales de Información). Los IEs constan de los campos siguientes:

- Identificador IE: Identifica de manera única el IE
- Longitud del IE: Indica la longitud del IE
- Datos: Consta de uno o más bytes que contienen datos encapsulados de las capas superiores.

**FCS (secuencia de la Verificación de Tramas):** Asegura la integridad de los datos transmitidos.

## **2.6 VERIFICACION DE ERRORES EN FRAME RELAY**

Frame Relay utiliza un mecanismo para la verificación de errores conocido como CRC (Verificación de Redundancia cíclica). El CRC compara dos valores calculados para determinar si se ha presentado errores durante la transmisión del origen al destino. Frame Relay disminuye el gasto indirecto al implementarse la verificación de errores mas que su corrección. Frame Relay por lo general se implementa en medios confiables de transmisión de red, por lo que la integridad de los datos no se sacrifica si la corrección de un error se deja a los protocolos de las capas superiores que operan en la parte mas alta de Frame Relay.

## 2.7 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.
- Solución Compacta de Red: Según las necesidades del cliente, tras un estudio personalizado de las características del mismo, Telefónica Transmisión de Datos realiza el diseño de la red de comunicaciones Frame Relay.
- Servicio gestionado extremo a extremo: Telefónica Transmisión de Datos se ocupa de la configuración, administración, mantenimiento, supervisión y control permanente durante las 24 horas del día, los 365 días del año, tanto de los elementos de red como de modems, líneas punto a punto, etc..
- 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: Frame Relay 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.
- 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.

## **2.8 DESVENTAJAS**

Una característica existente en la conmutación de paquetes es una técnica que es actualmente muy considerada por los usuarios, el proceso de garantizar el envío de datos.

Frame Relay no ofrece esto, no se establece ninguna orden acerca como las tramas deben pasar a través de la red. La única recomendación de Frame

Relay es que las tramas deben llegar en el mismo orden en que fueron mandadas. Para garantizar la correcta secuenciación de la tramas.

Este mecanismo de secuenciación no debe confundirse con el proceso de garantizar la integridad de los datos. *Las redes de conmutación de paquetes, generalmente garantizan que los datos que son mandados en la red son recibidos por el usuario en el misma secuencia y sin errores.* Mediante un número de comprobación secuencia de paquetes y su validación, una comprobación de error en los paquetes y de las capacidades de buffering.

En cambio Frame Relay no hay garantiza la entrega de los datos. Los requisitos para que los datos sean entregados en la misma secuencia en que fueron recibidos esta relacionado únicamente con que los datos no sean perdidos dentro de la red.

La intención del protocolo de Frame Relay es operar a altas velocidades, en circuitos digitales de excepcionalmente buena calidad, donde los errores en los bits son extremadamente raros. Sin embargo, mientras que el numero de errores introducido por el uso de esa infraestructura es pequeño, la red podría perder muchas tramas simplemente por que es incapaz de entregarlas a causa de la congestión.

### 3. SEMEJANZAS Y DIFERENCIAS ENTRE ATM Y FRAME RELAY

#### 3.1 SEMEJANZAS

Tanto frame relay como ATM son tecnologías con un buen nivel de estandarización cuya utilización práctica empezó a comienzos de los años 90. Ambas son orientadas a conexión (*connection oriented*), a diferencia de la mayoría de las redes LAN que son no orientadas a conexión (*connectionless*). Igualmente, ambas tecnologías implementan sus servicios empleando los conceptos de circuito virtual permanente (PVC o *private virtual circuit*) y circuito virtual conmutado (SVC o *switched virtual circuit*). En el caso de frame relay la mayor parte de la infraestructura a nivel mundial se basa en circuitos virtuales permanentes porque este fue el primer estándar desarrollado, el estándar para circuitos virtuales conmutados surgió posteriormente y ya se ha comenzado a implantar.

Los circuitos virtuales permanentes se comportan como las líneas dedicadas tradicionales porque tienen puntos terminales fijos que son establecidos en el momento de originar el servicio, mientras que los circuitos virtuales conmutados se pueden conectar a cualquier punto en la red mediante el establecimiento de una

llamada iniciado por el usuario. El proceso puede ser totalmente automatizado de modo que el usuario nunca esté al tanto de los detalles de éste.

Otro elemento técnico importante que ambos estándares incorporan para hacer más eficiente la utilización del ancho de banda es la multiplexación estadística (*statistical multiplexing*), mediante la que diferentes fuentes de datos son combinadas en un único enlace. La multiplexación estadística es, en general, más eficiente que la multiplexación por división de tiempo (TDM o *time division multiplexing*).

## **3.2 ALGUNAS DIFERENCIAS GENERALES IMPORTANTES**

Más allá de las pequeñas diferencias puntuales en cada protocolo, existen algunas diferencias técnicas generales entre frame relay y ATM que deben ser tenidas en cuenta para comparar ambas tecnologías.

**3.2.2. Orientación.** Un aspecto importante para visualizar las diferencias entre uno y otro es la comprensión de la orientación de ambos estándares, es decir, ¿Con qué finalidad fue creado cada uno?.



Frame relay fue creado con la intención de sustituir directamente al estándar X.25. Asumiendo que el transporte de datos a través de la red es muy confiable, Frame Relay elimina la corrección de errores en los nodos intermedios de la red, transfiriéndolo a los extremos de la conexión, es decir, a los protocolos de nivel superior (particularmente, a la capa de transporte). Esto hace que frame relay sea mucho más rápido que X.25, aunque también es más difícil y costoso de implementar. Aunque recientemente se ha comenzado a estudiar la utilización de frame relay para la transmisión de voz y vídeo, en términos generales puede decirse que frame relay fue creado con orientación a la transmisión de datos.

ATM fue creado con la intención de convertirlo en la tecnología de conmutación o modo de transferencia de BISDN (*Broadband integrated services digital network*). Desde sus inicios los esfuerzos de los creadores del conjunto de estándares ATM estuvieron orientados a permitir la transmisión de voz, datos y vídeo, por lo que ATM es una tecnología con una orientación de mayor alcance que frame relay.

**3.2.3. Velocidad de acceso.** La diferencia cuantitativa más importante entre frame relay y ATM está en las velocidades de acceso y de transmisión de datos

que cada uno es capaz de proveer. La interfaz frame relay (FRI o *frame relay interface*) ofrece las siguientes velocidades de acceso principales:

- 56 kbps
- $n \times 64$  kbps
- 1,544 Mbps (T1 en EE.UU)
- 2,048 Mbps (E1 en Europa)

Algunos fabricantes ofrecen velocidades de acceso para frame relay en el orden de los 45 Mbps, sin embargo, esto no está contemplado en el estándar original.

Por su parte ATM ofrece velocidades de acceso en el rango de 25 Mbps hasta 2,4 Gbps. Esto nos indica que ATM es capaz de trabajar con anchos de banda más grandes que frame relay. Suele decirse que ATM se mueve en el grupo de las denominadas redes de banda amplia (*broadband networks*) mientras que frame relay está en el grupo de las redes de banda estrecha (*narrowband networks*).

La diferencia tan notable de velocidad entre uno y otro nace fundamentalmente de la unidad de transmisión de datos empleada por cada estándar. Frame relay emplea frames de tamaño variable, que pueden causar retardos de procesamiento a nivel de los switches de conmutación de la red. Por su parte ATM ofrece una mayor velocidad al emplear una unidad de tamaño fijo denominada celda (53

bytes), lo que simplifica el procesamiento a nivel de los nodos, haciéndolo predecible y eficiente. Algunas ventajas generales de la utilización de celdas en relación a la utilización de frames son las siguientes:

- Dado que por definición todas las celdas tienen la misma longitud, esto simplifica drásticamente el proceso de conmutación. En general, para una capacidad fija de procesamiento en los nodos y un tiempo igual, se pueden transportar más datos en un sistema basado en celdas que en un sistema basado en frames.
- El retardo de las celdas en cada nodo de la red es inferior al de los frames porque la mayoría de las arquitecturas de conmutación requieren que se haya recibido la unidad de datos completa (frame o celda) antes de la conmutación y retransmisión. Dado que este retardo es una función directa del tamaño de la unidad recibida y/o transmitida y que los frames son en promedio de 10 a 100 veces más grandes que las celdas, el retardo acumulado para los frames en cada nodo es muy significativo en relación al retardo acumulado para las celdas.

- Su tamaño fijo hace más fácilmente predecible el comportamiento de las celdas que el de los frames, en particular, el tiempo que cada unidad de datos ocupará las facilidades de transmisión. Esto permite crear más fácilmente prioridades para el tráfico de información. Las aplicaciones multimedios (que trabajan en tiempo real) son particularmente beneficiadas porque los datos sensibles al tiempo o de tiempo real (audio y vídeo) pueden ser transmitidas con una mayor prioridad.

No obstante, los sistemas basados en celdas tienen algunas desventajas inherentes. En particular:

- El overhead (la información adicional a los datos) puede ser mucho mayor. Cada celda y frame requiere una cantidad similar de bits de overhead (unos 5 bits), pero como un frame puede llegar a tener un tamaño equivalente a 100 celdas, el overhead en el caso de las celdas puede llegar a ser mucho más significativo.
- Otro punto importante es que las transmisiones de datos suelen ocurrir en ráfagas, que se prestan mejor para el soporte en frames. En muchas ocasiones, por ejemplo para transportar datos de redes LAN que usan

también frames, el uso de celdas requiere un proceso de segmentación y reensamblaje que no es requerido en los frames. Este proceso, aunque simple de realizar, agrega un tiempo de procesamiento adicional para las celdas.

**3.2.4. Consideración de la calidad de servicio.** Por su orientación al soporte de la transmisión de varios medios en forma simultánea, en particular, voz, datos y vídeo, ATM fue creado desde el principio con el concepto de calidad de servicio (QoS o *Quality of Service*) en mente, por que lo que varios estándares dentro de ATM enfocan este aspecto (negociación de la calidad de servicio, ajuste de la calidad de servicio sobre demanda, etc.). ATM ofrece además varias clases de servicio para la transmisión.

Por su parte, en el estándar original frame relay incorpora los aspectos de calidad de servicio sólo de forma muy rudimentaria. Las experiencias recientes en la utilización de frame relay para la transmisión de voz están obligando a los diversos fabricantes a incorporar aspectos de manejo de la calidad de servicio en frame relay, sin embargo, no existen estándares universalmente aceptados y cada fabricante resuelve el problema mediante técnicas propias. Esto hace que frame

relay presente serios inconvenientes para el manejo de medios usualmente incorporados en las nuevas aplicaciones multimedios: voz, vídeo y medios en tiempo real en general.

## **4 APLICACIONES**

### **4.1 APLICACIONES ATM**

Las aplicaciones típicas del Servicio ATM son:

- Intercambio de información en tiempo real, dentro del ámbito empresarial.
- Interconexión de Redes de Área Local (LAN) que requieran un gran ancho de banda.
- Interconexión de PABX.
- Acceso a Internet de alta velocidad.

- Videoconferencia.
- Voz en entorno corporativo con compresión y supresión de silencios.
- Distribución de Audio/Vídeo.

ATM se considera la única tecnología capaz de integrar todos los servicios disponibles hoy en día con los requisitos esperados de ancho de banda. Esto convierte al Servicio ATM en la mejor solución ante la necesidad de un medio de transporte único con capacidad multiservicio.

## **4.2 APLICACIONES FRAME RELAY**

Las aplicaciones típicas del servicio Frame Relay dentro del ámbito empresarial al que está orientado son:

- Creación de una Intranet en la empresa.
- Intercambio de información en tiempo real, manteniendo instantáneamente actualizadas las redes que se encuentren conectadas.
- Soporte para el intercambio de correo electrónico interno sin necesidad de contratar un nuevo servicio. (No incluye el servicio de correo).

- » Transferencia tanto de ficheros como de imágenes.
- » Impresión en remoto, permitiendo una mayor flexibilidad de trabajo.
- » Posibilidad de aplicaciones host-terminal, cliente-servidor y CAD/CAM.
- » Bases de datos únicas y actualizadas.
- » Posibilidad de construcción de bases de datos distribuidas, ante situaciones en las que la información no esté centralizada y a la que deben tener acceso los usuarios finales.

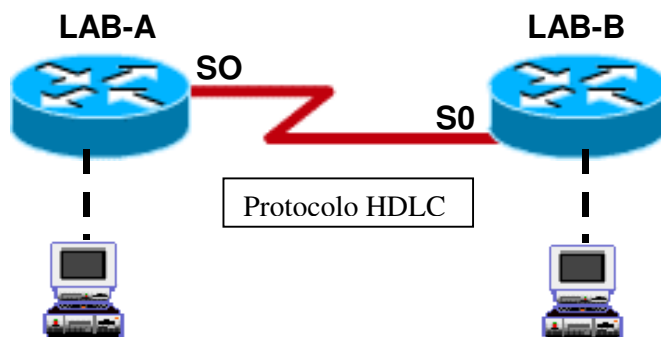


## 5. PRACTICAS DE LABORATORIO

### 1 PRACTICA DE HDLC

Duración estimada: 20 minutos

Figura 8. *Esquema practica 1*



#### 1.1 OBJETIVOS

- Manipular correctamente los Routers para configurar protocolos WAN.
- Habilitar la encapsulación HDLC en la interfaz serial del router.
- Verificar que tanto la interfaz como el protocolo se encuentra activos.

## 1.2 INFORMACIÓN BÁSICA

Esta practica se centra en el protocolo HDLC. HDLC es un protocolo de enlace de datos que se deriva del protocolo de encapsulación **Control síncrono de enlace de datos (SDLC)**. HDLC es la encapsulación predeterminada de Cisco para las líneas serie.

DCE: Data Carrier Equipment, que significa Equipo Carrier de Datos, es decir es el que Conmuta, en la Red. El DCE lleva el reloj porque se supone que es el Carrier y es el que sincroniza, en la vida real los que sincronizan son los equipos de Backbone como los Multiplexores TDM, los Swiches Frame Relay, Los Switches ATM, etc; pero para nuestras practicas el router que haga de DCE "emula" a dichos equipos con el cable DCE y el comando: **clock rate**.

DTE: Data Terminal Equipment, equipo terminal de datos, en este caso el router del usuario final, aquí no hay que colocar sincronía, basta con la que establece el DCE.

El comando **clock rate** sirve para la sincronía o e tiempo de reloj en la comunicación, el clock rate recomendado por Cisco es de 56000, aunque se puede colocar otro tiempo de reloj, esto podría incidir en el rendimiento del equipo.

### 1.3 COMANDOS A UTILIZAR EN LA PRACTICA DE HDLC

<b>COMANDOS</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
Configure terminal	Realiza la configuración desde la terminal de consola de forma manual.
Interface serial	Entra a la configuración de la interfaz deseada.
Encapsulation hdlc	Activa la encapsulación HDLC.
Ip address	Asigna una dirección ip a la interfaz.
Clock rate	Establece el tiempo de sincronía
Show interface serial	Muestra estadísticas de la interface serial configurada
Show running-config	Muestra el archivo de configuración activo o configuración actual en la RAM.

### 1.4. PASOS PARA LA CONFIGURACIÓN DE HDLC

Seleccione un par de routers con interfaz serial. En el primer router conecte el cable serial correspondiente al DCE en la interfaz serial S0 en el router 1, en el router 2 conecte el cable correspondiente al DTE en la interface S0. Conecte una estación de trabajo al puerto de consola del router uno, y otra al puerto de consola del router dos.

Paso 1. Una vez que logre establecer una conexión con el router; entre al modo privilegiado. Luego utilice el comando `show running-config` para verificar la configuración del router.

**LAB-A# show running-config**

Paso 2. Utilizar el comando `show interface` para contestar las siguientes preguntas.

**LAB-A# show interface serial 0**

1. ¿Cuál es la dirección IP y la cantidad de bits de subred para esta interfaz?

---

2. ¿Cuál es el estado de la interfaz y el protocolo de línea?

---

3. En qué valor se establece actualmente el encapsulamiento?

---

Paso 3. Activar la encapsulación HDLC en la interfaz seleccionada en el router 1 que será el DCE . Para esto se utilizaran los siguientes comandos.

```
LAB-A# configure terminal
```

```
LAB-A(config)# interface serial 0
```

```
LAB-A(config-if)# ip address 192.168.38.40 255.255.255.0
```

```
LAB-A(config-if)# encapsulation hdlc
```

```
LAB-A(config-if)# clock rate 56000
```

```
LAB-A(config-if)# no shutdown
```

```
LAB-A(config-if)# end
```

```
LAB-A# wr
```

Nota: EL comando **no shutdown** se encarga de levantar la interfaz si esta se encuentra abajo administrativamente. El comando **end** sale por completo del modo de configuración, el comando **wr** se encarga de guardar la configuración en la NVRAM.

El comando **clock rate** se utiliza para establecer la sincronía y solo se hace en el DCE.

Paso 4. verificar si la interfaz y el protocolo están arriba utilizando el comando **show interface serial 0**.

**LAB-A# show interface serial 0**

4. ¿En que estado aparecen la interfaz y el protocolo?
5. Haga un ping al otro router. ¿Qué resultado obtuvo?

Paso 5. Activar la encapsulación HDLC en la interfaz seleccionada en el router 2 que será el DTE . Para esto se utilizaran los siguientes comandos.

**LAB-B# configure terminal**

**LAB-B(config)# interface serial 0**

**LAB-B(config-if)# ip address 192.168.38.50 255.255.255.0**

**LAB-B(config-if)# encapsulation hdlc**

**LAB-B(config-if)# no shutdown**

**LAB-B(config-if)# end**

**LAB-B# wr**

Paso 6. verificar si la interfaz y el protocolo están arriba utilizando el comando **show interface serial 0**.

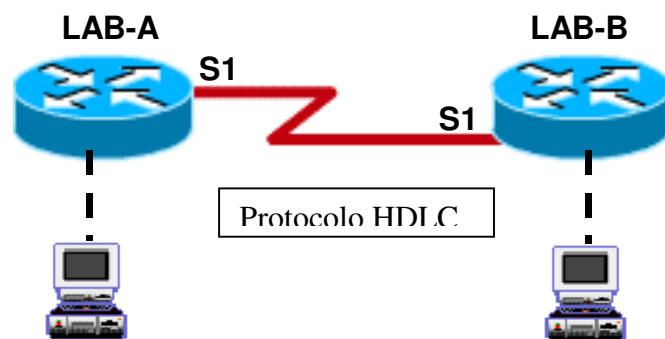
**LAB-B# show interface serial 0**

6. ¿En que estado aparecen la interfaz y el protocolo?
  
7. Haga un ping al otro router. ¿Qué resultado obtuvo?

## 1. PRACTICA DE HDLC

Duración estimada: 20 minutos

Figura 9. *Esquema practica 2*



### 2.1 OBJETIVOS

- Manipular correctamente los Routers para configurar protocolos WAN.
- Habilitar la encapsulación HDLC en la interfaz serial del router.
- Verificar que tanto la interfaz como el protocolo se encuentra activos.



## 2.2 INFORMACIÓN BÁSICA

Esta practica se centra en el protocolo HDLC. HDLC es un protocolo de enlace de datos que se deriva del protocolo de encapsulación **Control síncrono de enlace de datos (SDLC)**. HDLC es la encapsulación predeterminada de Cisco para las líneas serie.

DCE: Data Carrier Equipment, que significa Equipo Carrier de Datos, es decir es el que Conmuta, en la Red. El DCE lleva el reloj porque se supone que es el Carrier y es el que sincroniza, en la vida real los que sincronizan son los equipos de Backbone como los Multiplexores TDM, los Swiches Frame Relay, Los Swiches ATM, etc; pero para nuestras practicas el router que haga de DCE "emula" a dichos equipos con el cable DCE y el comando: **clock rate**

DTE: Data Terminal Equipment, equipo terminal de datos, en este caso el router del usuario final, aquí no hay que colocar sincronía, basta con la que establece el DCE.

El comando **clock rate** sirve para la sincronía o e tiempo de reloj en la comunicación, el clock rate recomendado por Cisco es de 56000, aunque se puede colocar otro tiempo de reloj, esto podría incidir en el rendimiento del equipo.

### 2.3 COMANDOS A UTILIZAR EN LA PRACTICA DE HDLC

<b>COMANDOS</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
Configure terminal	Realiza la configuración desde la terminal de consola de forma manual.
Interface serial	Entra a la configuración de la interfaz deseada.
Encapsulation hdlc	Activa la encapsulación HDLC.
Ip address	Asigna una dirección ip a la interfaz.
Clock rate	Establece el tiempo de sincronía
Show interface serial	Muestra estadísticas de la interfase serial configurada
Show running-config	Muestra el archivo de configuración activo o configuración actual en la RAM.

### 2.4 PASOS PARA LA CONFIGURACIÓN DE HDLC

Seleccione un par de routers con interfaz serial. En el primer router conecte el cable serial correspondiente al DCE en la interfaz serial S1 del router 1, en el router 2 conecte el cable correspondiente al DTE en la interfase S1. Conecte una estación de trabajo al puerto de consola del router uno, y otra al puerto de consola del router dos.

Paso 1. Una vez que logre establecer una conexión con el router; entre al modo privilegiado. Luego utilice el comando `show running-config` para verificar la configuración del router.

**LAB-A# show running-config**

Paso 2. Utilizar el comando `show interface` para contestar las siguientes preguntas.

**LAB-A# show interface serial 1**

1. ¿Cuál es la dirección IP y la cantidad de bits de subred para esta interfaz?

---

2. ¿Cuál es el estado de la interfaz y el protocolo de línea?

---

3. ¿En qué valor se establece actualmente el encapsulamiento?

---

Paso 3. Activar la encapsulación HDLC en la interfaz seleccionada s1 del router 1.  
Para esto se utilizaran los siguientes comandos.

**LAB-A# configure terminal**

**LAB-A(config)# interface serial 1**

**LAB-A(config-if)# ip address 192.168.38.40 255.255.255.0**

**LAB-A(config-if)# clock rate 56000**

**LAB-A(config-if)# no shutdown**

**LAB-A(config-if)# end**

**LAB-A# wr**

Nota: EL comando **no shutdown** se encarga de levantar la interfaz si esta se encuentra abajo administrativamente. El comando **end** sale por completo del modo de configuración, el comando **wr** se encarga de guardar la configuración en la NVRAM.

El comando **clock rate** se utiliza para establecer la sincronía y solo se hace en el DCE.

Paso 4. verificar si la interfaz y el protocolo están arriba utilizando el comando **show interface serial 1**.

**LAB-A# show interface serial 1**

4. ¿En que estado aparecen la interfaz y el protocolo?
5. Haga un ping al otro router. ¿Qué resultado obtuvo?
6. ¿Por qué aparece activo el protocolo HDLC si no se escribió la sentencia **encapsulation hdlc** para activarlo?. Comente

Paso 5. Activar la encapsulación HDLC en la interfaz seleccionada en el router 2 que será el DTE . Para esto se utilizaran los siguientes comandos.

**LAB-B# configure terminal**

**LAB-B(config)# interface serial 1**

**LAB-B(config-if)# ip address 192.168.38.50 255.255.255.0**

**LAB-B(config-if)# no shutdown**

**LAB-B(config-if)# end**

**LAB-B# wr**

Paso 6. verificar si la interfaz y el protocolo están arriba utilizando el comando

**show interface serial 1.**

**LAB-B# show interface serial 1**

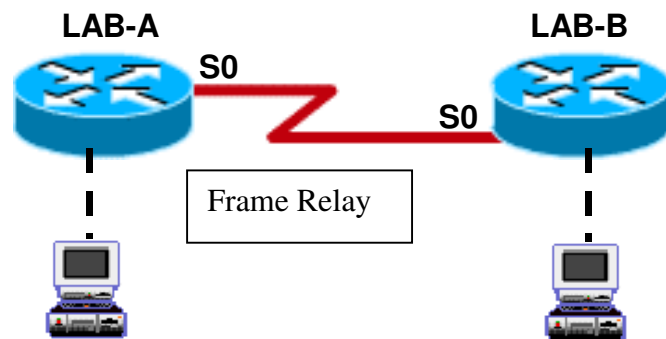
8. ¿En que estado aparecen la interfaz y el protocolo?

9. Haga un ping al otro router. ¿Qué resultado obtuvo?

## 2. PRACTICA DE FRAME RELAY

Duración estimada: 20 minutos

Figura 10. *Esquema practica 3*



### 3.1 OBJETIVOS

- Familiarizarse con la terminología WAN relacionada con Frame Relay
- Comprender los requisitos y opciones para las comunicaciones de Frame Relay
- Simular la configuración de un switch y de enlaces Frame Relay entre dos routers

### 3.2 INFORMACIÓN BÁSICA

Esta práctica de laboratorio se concentra en el Protocolo de conmutación de paquete Frame Relay para realizar la conexión de dispositivos en una Red de área amplia (WAN) Actualmente, Frame Relay es un protocolo estándar industrial de capa de enlace de datos conmutado, que maneja múltiples circuitos virtuales mediante el encapsulamiento HDLC entre los dispositivos conectados (routers). Frame Relay es más eficiente que X.25, el protocolo para el cual se considera generalmente un reemplazo. Frame Relay es una tecnología de comunicación WAN muy importante y ampliamente utilizada. En esta práctica de laboratorio, deberá utilizar un router para crear un switch Frame Relay (la nube) y conectar otros dos routers a través de éste para simular un enlace de área amplia entre dos LAN.

DCE: Data Carrier Equipment, que significa Equipo Carrier de Datos, es decir es el que Conmuta, en la Red. El DCE lleva el reloj porque se supone que es el Carrier y es el que sincroniza, en la vida real los que sincronizan son los equipos de Backbone como los Multiplexores TDM, los Swiches Frame Relay, Los Switches ATM, etc; pero para nuestras practicas el router que haga de DCE "emula" a dichos equipos con el cable DCE y el comando: **clock rate**.



DTE: Data Terminal Equipment, equipo terminal de datos, en este caso el router del usuario final, aquí no hay que colocar sincronía, basta con la que establece el DCE.

El comando **clock rate** sirve para la sincronía o e tiempo de reloj en la comunicación, el clock rate recomendado por Cisco es de 56000, aunque se puede colocar otro tiempo de reloj, esto podría incidir en el rendimiento del equipo.

En el Laboratorio no se cuenta con equipos Swiches Frame Relay como el PSAX 2300 de Lucent Technologies o el Passport de Nortel, entonces "emulamos" eso en el Router Cisco para esa aplicación con el comando: Frame-relay switching.

### 3.3 COMANDOS A UTILIZAR EN LA PRACTICA DE FRAME RELAY

<b>COMANDOS</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
Configure terminal	Realiza la configuración desde la terminal de consola de forma manual.
Interface serial	Entra a la configuración de la interfaz deseada.
Encapsulation frame relay	Activa la encapsulación Frame Relay

Frame-relay lmi-type	Especifica el tipo de lmi que utiliza el swich Frame Relay
Frame-relay swiching	Hace que el router actué como un swich Frame Relay
frame-relay interface-dlci	Asigna el número del circuito virtual
Ip addres	Asigna una dirección ip a la interfaz.
Clock rate	Establece el tiempo de sincronía
Show interface serial	Muestra estadísticas de la interface serial configurada
Show running-config	Muestra el archivo de configuración activo o configuración actual en la RAM.
Show frame-relay pvc	Muestra el estado de cada conexión configurada, así como las estadísticas de tráfico
Frame-relay intf-type	Esta sentencia sirve para determinar como actuara el equipo

### 3.4 PASOS PARA LA CONFIGURACIÓN DE FRAME RELAY

Seleccione un par de routers con interfaz serial. En el primer router conecte el cable serial correspondiente al DCE en la interfaz serial S0, en el router dos conecte el cable correspondiente al DTE en la interface S0. Conecte una estación de trabajo al puerto de consola del router uno, y otra al puerto de consola del router dos.

Paso 1. Una vez que logre establecer una conexión con el router; entre al modo privilegiado. Luego utilice el comando `show running-config` para verificar la configuración del router.

### **LAB-A# show running-config**

Paso 2. Utilizar el comando `show interface` para contestar las siguientes preguntas.

### **Lab-A# show interface serial 0**

1. ¿Cuál es la dirección IP y la cantidad de bits de subred para esta interfaz?

---

2. ¿Cuál es el estado de la interfaz y el protocolo de línea?

---

3. ¿En qué valor se establece actualmente el encapsulamiento?

Paso 3. Activar la encapsulación Frame Relay en la interfaz seleccionada serial S0 del router 1. Para esto se utilizaran los siguientes comandos.

```
LAB-A# configure terminal
```

```
LAB-A(config)# frame-relay intf-type dce
```

```
LAB-A(config)# frame-relay switching
```

```
LAB-A(config)# interface serial 0
```

```
LAB-A(config-if)# ip address 192.168.38.60 255.255.255.0
```

```
LAB-A(config-if)# encapsulation frame relay ietf
```

```
LAB-A(config-if)# frame-relay lmi-type ansi
```

```
LAB-A(config-if)# clock rate 56000
```

```
LAB-A(config-if)# no shutdown
```

```
LAB-A(config-if)#frame-relay interface-dlci 16
```

```
LAB-A(config-fr-dlci)#end
```

```
LAB-A# wr
```

Nota: EL comando **no shutdown** se encarga de levantar la interfaz si esta se encuentra abajo administrativamente. El comando **end** sale por completo del modo de configuración, el comando **wr** se encarga de guardar la configuración en la NVRAM.

Es necesario que en DCE se escriba la sentencia frame-relay intf-type, y se escoja la opción dce, ya que por defecto viene como dte.

El comando **clock rate** se utiliza para establecer la sincronía y solo se hace en el DCE.

Paso 4. verificar si la interfaz y el protocolo están arriba utilizando el comando **show interface serial 0**.

**LAB-A# show interface serial 0**

3. ¿En que estado aparecen la interfaz y el protocolo?

4. Haga un ping al otro router. ¿Qué resultado obtuvo?

Utilice el comando `show frame-relay pvc` para ver el estado de la conexión y el tráfico.

Paso 5. Activar la encapsulación Frame Relay en la interfaz seleccionada serial 0 del router 2. Para esto se utilizaran los siguientes comandos.

**LAB-B# configure terminal**

**LAB-B(config)# interface serial 0**

**LAB-B(config-if)# ip address 192.168.38.70 255.255.255.0**

**LAB-B(config-if)# encapsulation frame relay ietf**

**LAB-B(config-if)# frame-relay lmi-type ansi**

**LAB-B(config-if)# no shutdown**

**LAB-B(config-if)#frame-relay interface-dlci 16**

**LAB-B(config-fr-dlci)#end**

**LAB-B# wr**

Nota: EL comando **no shutdown** se encarga de levantar la interfaz si esta se encuentra abajo administrativamente. El comando **end** sale por completo del modo de configuración, el comando **wr** se encarga de guardar la configuración en la NVRAM.

Paso 6. verificar si la interfaz y el protocolo están arriba utilizando el comando **show interface serial 0**.

**LAB-A# show interface serial 0**

5. ¿En que estado aparecen la interfaz y el protocolo?
  
6. Haga un ping al otro router. ¿Qué resultado obtuvo?

Utilice el comando `show frame-relay pvc` para ver el estado de la conexión y el tráfico.

## **4. PRACTICA DE HDLC Y FRAME RELAY SIMULTANEA**

Duración estimada: 20 minutos

### **4.1 OBJETIVOS**

- Manipular correctamente los Routers para configurar protocolos WAN.
- Habilitar la encapsulación HDLC en la interfaz serial del router.
- Comprender los requisitos y opciones para las comunicaciones de Frame Relay.
- Comprobar el funcionamiento de dos protocolos de red en un mismo equipo.



## 4.2 INFORMACIÓN BÁSICA

HDLC es un protocolo de enlace de datos que se deriva del protocolo de encapsulación **Control síncrono de enlace de datos (SDLC)**. HDLC es la encapsulación predeterminada de Cisco para las líneas serie.

Frame Relay es un protocolo estándar industrial de capa de enlace de datos conmutado, que maneja múltiples circuitos virtuales mediante el encapsulamiento HDLC entre los dispositivos conectados (routers). Frame Relay es más eficiente que X.25, el protocolo para el cual se considera generalmente un reemplazo. Frame Relay es una tecnología de comunicación WAN muy importante y ampliamente utilizada. En esta práctica de laboratorio, deberá utilizar un router para crear un switch Frame Relay (la nube) y conectar otros dos routers a través de éste para simular un enlace de área amplia entre dos LAN.

DCE: Data Carrier Equipment, que significa Equipo Carrier de Datos, es decir es el que Conmuta, en la Red. El DCE lleva el reloj porque se supone que es el Carrier y es el que sincroniza, en la vida real los que sincronizan son los equipos de Backbone como los Multiplexores TDM, los Swiches Framerelay, Los Swiches ATM, etc; pero para nuestras practicas el router que haga de DCE "emula" a dichos equipos con el cable DCE y el comando: **clock rate**.

DTE: Data Terminal Equipment, equipo terminal de datos, en este caso el router del usuario final, aquí no hay que colocar sincronía, basta con la que establece el DCE.

El comando **clock rate** sirve para la sincronía o e tiempo de reloj en la comunicación, el clock rate recomendado por Cisco es de 56000, aunque se puede colocar otro tiempo de reloj, esto podría incidir en el rendimiento del equipo.

En el Laboratorio no se cuenta con equipos Swiches Frame Relay como el PSAX 2300 de Lucent Technologies o el Passport de Nortel, entonces "emulamos" eso en el Router Cisco para esa aplicación con el comando: Frame-relay switching.

#### 4.3 COMANDOS A UTILIZAR.

Para configurar HDLC:

<b>COMANDOS</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
Configure terminal	Realiza la configuración desde la terminal de consola de forma manual.
Interface serial	Entra a la configuración de la interfaz deseada.

Encapsulation hdlc	Activa la encapsulación HDLC.
Ip address	Asigna una dirección ip a la interfaz.
Clock rate	Establece el tiempo de sincronía
Show interface serial	Muestra estadísticas de la interface serial configurada
Show running-config	Muestra el archivo de configuración activo o configuración actual en la RAM.

Para configurar Frame Relay:

<b>COMANDOS</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
Configure terminal	Realiza la configuración desde la terminal de consola de forma manual.
Interface serial	Entra a la configuración de la interfaz deseada.
Encapsulation frame relay	Activa la encapsulación Frame Relay
Frame-relay lmi-type	Especifica el tipo de lmi que utiliza el switch Frame Relay
Frame-relay switching	Hace que el router actúe como un switch Frame Relay
frame-relay interface-dlci	Asigna el número del circuito virtual

Ip address	Asigna una dirección ip a la interfaz.
Clock rate	Establece el tiempo de sincronía
Show interface serial	Muestra estadísticas de la interface serial configurada
Show running-config	Muestra el archivo de configuración activo o configuración actual en la RAM.
Frame-relay intf-type	Esta sentencia sirve para determinar como actuara el equipo

#### **4.4 PASOS PARA LA CONFIGURACIÓN SIMULTANEA DE FRAME RELAY Y HDLC.**

Se debe contar con tres routers para esta práctica. El router uno será el DCE por lo tanto a sus dos interfaces seriales se conectaran los cables DCE. Al router dos se conectara un cable DTE en su interfaz serial 0/0, este cable debe ser el que este conectado al cable DCE, que a su vez esta conectado a la interfaz serial 0/0 del router 1. En estas interfaces se habilitara la encapsulación HDLC.

En la interfaz serial 0/1 estara conectado un cable DCE que será el que se conecte al cable DTE que se conectara en la interface serial 0/1 del router tres, en estas interfaces se habilitara la encapsulación Frame Relay.

En las interfaces del router uno se debe utilizar el comando `clock rate` ya que al ser el DCE debe llevar la sincronía. También en el router uno se habilitará el comando `frame-relay switching` ya que este actuará como switch Frame Relay.

Paso . Activar la encapsulación HDLC en la interfaz seleccionada S0 del router 1. Para esto se utilizarán los siguientes comandos.

```
LAB-A# configure terminal
```

```
LAB-A(config)# interface serial 0
```

```
LAB-A(config-if)# ip address 192.168.38.40 255.255.255.0
```

```
LAB-A(config-if)# clock rate 56000
```

```
LAB-A(config-if)# no shutdown
```

```
LAB-A(config-if)# end
```

```
LAB-A# wr
```

Nota: EL comando **no shutdown** se encarga de levantar la interfaz si esta se encuentra abajo administrativamente. El comando **end** sale por completo del modo de configuración, el comando **wr** se encarga de guardar la configuración en la NVRAM.

El comando **clock rate** se utiliza para establecer la sincronía y solo se hace en el DCE.

Paso 2. verificar si la interfaz y el protocolo están arriba utilizando el comando **show interface serial 0**.

**LAB-A# show interface serial 0**

1. ¿En que estado aparecen la interfaz y el protocolo?
2. Haga un ping al otro router. ¿Qué resultado obtuvo?

Paso 3. Activar la encapsulación HDLC en la interfaz seleccionada S0 en el router 2 que será el DTE . Para esto se utilizaran los siguientes comandos.

**LAB-B# configure terminal**

**LAB-B(config)# interface serial 0**

**LAB-B(config-if)# ip address 192.168.38.60 255.255.255.0**

**LAB-B(config-if)# no shutdown**

**LAB-B(config-if)# end**

**LAB-B# wr**

Paso 4. verificar si la interfaz y el protocolo están arriba utilizando el comando **show interface serial 0**.

**LAB-B# show interface serial 0**

3. ¿En que estado aparecen la interfaz y el protocolo?
  
4. Haga un ping al otro router. ¿Qué resultado obtuvo?

Paso 5. Activar la encapsulación Frame Relay en la interfaz seleccionada serial S1 del router 1. Para esto se utilizaran los siguientes comandos.

**LAB-A# configure terminal**

**LAB-A# frame-relay intf-type dce**

**LAB-A(config)# frame-relay switching**

**LAB-A(config)# interface serial 1**

**LAB-A(config-if)# ip address 192.168.38.50 255.255.255.0**

**LAB-A(config-if)# encapsulation frame relay ietf**

**LAB-A(config-if)# frame-relay lmi-type ansi**

**LAB-A(config-if)# clock rate 56000**

**LAB-A(config-if)# no shutdown**

**LAB-A(config-if)#frame-relay interface-dlci 16**

**LAB-A(config-fr-dlci)#end**

**LAB-A# wr**

Nota: EL comando **no shutdown** se encarga de levantar la interfaz si esta se encuentra abajo administrativamente. El comando **end** sale por completo del modo de configuración, el comando **wr** se encarga de guardar la configuración en la NVRAM.

El comando **clock rate** se utiliza para establecer la sincronía y solo se hace en el DCE.

Paso 1. verificar si la interfaz y el protocolo están arriba utilizando el comando **show interface serial 1**.

**LAB-A# show interface serial 1**

7. ¿En que estado aparecen la interfaz y el protocolo?

8. Haga un ping al otro router. ¿Qué resultado obtuvo?



Utilice el comando `show frame-relay pvc` para ver el estado de la conexión y el tráfico.

Paso 8. Activar la encapsulación Frame Relay en la interfaz seleccionada serial S1 del router 3. Para esto se utilizaran los siguientes comandos.

```
LAB-C# configure terminal
```

```
LAB-C(config)# interface serial 1
```

```
LAB-C(config-if)# ip address 192.168.38.70 255.255.255.0
```

```
LAB-C(config-if)# encapsulation frame relay ietf
```

```
LAB-C(config-if)# frame-relay lmi-type ansi
```

```
LAB-C(config-if)# no shutdown
```

```
LAB-C(config-if)#frame-relay interface-dlci 16
```

```
LAB-C(config-fr-dlci)#end
```

```
LAB-C# wr
```

Nota: EL comando **no shutdown** se encarga de levantar la interfaz si esta se encuentra abajo administrativamente. El comando **end** sale por completo del modo de configuración, el comando **wr** se encarga de guardar la configuración en la NVRAM.

Paso 6. verificar si la interfaz y el protocolo están arriba utilizando el comando **show interface serial 1**.

**LAB-A# show interface serial 1**

9. ¿En que estado aparecen la interfaz y el protocolo?

10. Haga un ping al otro router. ¿Qué resultado obtuvo?

Utilice el comando `show frame-relay pvc` para ver el estado de la conexión y el tráfico.

## **CONCLUSIÓN**

En el trabajo se expusieron una serie de conceptos teóricos de ATM y Frame Relay, que son suficientes para que una persona se forme una idea bastante buena, de cómo funcionan dichas tecnologías, sus aspectos más relevantes en cuanto a funcionamiento y modos de operación, así como la importancia que tienen en la actualidad en la transmisión de información, también de las aplicaciones que las están utilizando, transmisión de voz, video y aplicaciones en tiempo real.

Con las practicas los estudiantes ponen a prueba lo que les dice la teoría y afianzan sus conocimientos al ver como trabajan y como se configuran en los equipos del laboratorio.

Así con este trabajo se tiene un documento de consulta para los interesados en saber más acerca de estas tecnología y a la vez probar como funcionan.

## RECOMENDACIONES

1. Este trabajo se puede utilizar como medio de consulta, acerca de las tecnologías ATM y Frame Relay, que son dos de los protocolos más utilizadas en la actualidad para la transmisión de información en ambientes WAN.

En el trabajo se encontraran aspectos básicos sobre su funcionamiento, la manera como transportan los datos, los diferentes modos de operación, la clase de tráfico que pueden manejar, así como las velocidades de transmisión de cada una. También se mencionan aplicaciones que pueden ser implementadas sobre cada tecnología obteniendo los mejores resultados, aplicaciones como videoconferencias, tráfico simultaneo de voz datos y video, etc.

2. En el trabajo se incluyen unas prácticas de laboratorio que complementan la teoría, prácticas como configuración de los protocolos HDLC y Frame Relay, que se pueden realizar con los equipos con los que cuenta el laboratorio actualmente. También se pueden realizar otras practicas que no se incluyen en el trabajo, como son: Implementación del protocolo PPP, autenticación con el protocolo PPP que brinda seguridad al router,

implementación de listas de control de acceso o ACLs. Otras prácticas como la implementación del protocolo ATM se podrían realizar, de contar con un switch ATM, como el PSAX 2300 de Lucent.

## **BIBLIOGRAFÍA**

Cisco System, Inc. Guia del Segundo año. Segunda edición. Pearson Educación, S.A., Madrid, 2002.

### **Referencias de ATM**

<http://www.monografias.com/trabajos/atm/atm.shtml>

<http://www.rediris.es/rediris/boletin/46-47/ponencia10.html>

<http://www.comunicaciones.unitronics.es/tecnologia/atm.htm>

### **Referencias de Frame Relay**

<http://www.consulintel.es/Html/MapaWEB/mapaweb.htm>

<http://www.angelfire.com/sc/itiuax/>