

IMPLEMENTACIÓN Y CONSIDERACIONES EN INTERCONEXIÓN DE REDES  
ATM Y FRAME RELAY

LUIS GABRIEL LORA ANDOCILLA  
JUAN CARLOS SEPÚLVEDA BELTRÁN

DIRECTOR  
EDUARDO GÓMEZ VASQUEZ

MINOR EN TELECOMUNICACIONES  
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR  
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA  
CARTAGENA DE INDIAS

2006

IMPLEMENTACIÓN Y CONSIDERACIONES EN INTERCONEXIÓN DE REDES  
ATM Y FRAME RELAY

LUIS GABRIEL LORA ANDOCILLA  
JUAN CARLOS SEPÚLVEDA BELTRÁN

**Trabajo de monografía presentado como requisito para obtener el certificado  
del Minor en Telecomunicaciones**

DIRECTOR  
EDUARDO GÓMEZ VASQUEZ  
MAGISTER EN CIENCIAS COMPUTACIONALES

MINOR EN TELECOMUNICACIONES  
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR  
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA  
CARTAGENA DE INDIAS

2006

Nota de aceptación

---

---

---

---

Jurado

---

Jurado

---

Cartagena D. T. Y C., 15 Mayo de 2006

Señores

COMITÉ CURRICULAR

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR

La ciudad

Respetados señores:

Con toda atención nos dirigimos a ustedes con el fin de presentarles a su consideración, estudio y aprobación la monografía titulada IMPLEMENTACIÓN Y CONSIDERACIONES EN INTERCONEXIÓN Y DE REDES ATM Y FRAME RELAY como requisito parcial para optar al título de ingeniero electrónico.

Atentamente,

---

LUIS GABRIEL LORA ANDOCILLA

Cartagena D. T. Y C., 15 de Mayo de 2006

Señores

COMITÉ CURRICULAR

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR

La ciudad

Respetados señores:

Con toda atención nos dirigimos a ustedes con el fin de presentarles a su consideración, estudio y aprobación la monografía titulada IMPLEMENTACIÓN Y CONSIDERACIONES EN INTERCONEXIÓN Y DE REDES ATM Y FRAME RELAY como requisito parcial para optar al título de ingeniero electrónico.

Atentamente,

---

JUAN CARLOS SEPÚLVEDA BELTRÁN

Cartagena D. T. Y C., 15 Mayo de 2006

Señores

COMITÉ CURRICULAR

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR

La ciudad

Cordial saludo:

Por medio de la presente me permito entregar la monografía titulada IMPLEMENTACIÓN Y CONSIDERACIONES EN INTERCONEXIÓN Y DE REDES FRAME RELAY para su estudio y evaluación la cuál fue realizada por los estudiantes LUIS GABRIEL LORA ANDOCILLA y JUAN CARLOS SEPÚLVEDA BELTRÁN, bajo mi dirección.

Atentamente,

---

EDUARDO GÓMEZ VASQUEZ

## **AUTORIZACIÓN**

Yo, LUIS GABRIEL LORA ANDOCILLA identificado con la cédula de ciudadanía número 73.201.974 de Cartagena, autorizo a la Universidad Tecnológica de Bolívar, para hacer uso de mi trabajo de monografía y publicarlo en el catálogo online de la biblioteca.

---

LUIS GABRIEL LORA ANDOCILLA

## **AUTORIZACIÓN**

Yo, JUAN CARLOS SEPÚLVEDA BELTRÁN identificado con la cédula de ciudadanía número 73.200.998 de Cartagena, autorizo a la Universidad Tecnológica de Bolívar, para hacer uso de mi trabajo de monografía y publicarlo en el catálogo online de la biblioteca.

---

JUAN CARLOS SEPÚLVEDA BELTRÁN

## TABLA DE CONTENIDO

<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>2. FRAME RELAY</b> .....	3
<b>2.1 Introducción</b> .....	3
2.1.1 Definición de Frame Relay .....	4
2.1.2 ¿Por qué usar Frame Relay?.....	5
<b>2.2 Estandarización</b> .....	6
<b>2.3 Formato de la trama Frame Relay</b> .....	7
2.3.1 Formato estándar de la trama .....	7
2.3.2 Descripción de los campos.....	8
<b>2.4 Frame Relay y el modelo OSI</b> .....	12
2.4.1 La capa física.....	13
2.4.2 La capa de enlace de datos .....	13
<b>2.5 Dispositivos Frame Relay</b> .....	14
<b>2.6 Interfases</b> .....	15
<b>2.7 Implementaciones de redes Frame Relay</b> .....	16
2.7.1 Redes Frame Relay públicas .....	16
2.7.2 Redes Frame Relay privadas .....	16
<b>2.8 Circuitos Virtuales</b> .....	17
<b>3. ATM</b> .....	19
<b>3.1 Introducción</b> .....	19
3.1.1 Relevos de celdas (CRS).....	20
3.1.2 Modo de transferencia asíncrona (ATM) .....	20
<b>3.2 Estandarización</b> .....	21
<b>3.3 Estructura de la celda ATM</b> .....	22
3.3.1 Encabezado de la celda ATM .....	23
3.3.2 Campos del encabezado ATM .....	24
<b>3.4 ATM y el modelo OSI</b> .....	25
3.4.1 La capa física.....	27
3.4.2 La capa de enlace de datos .....	28
<b>3.5 Dispositivos ATM</b> .....	30
<b>3.6 Interfases</b> .....	31
<b>3.7 Servicios ATM</b> .....	33
<b>3.8 Conexiones Virtuales</b> .....	34
<b>4. INTERCONEXIÓN ATM Y FRAME RELAY</b> .....	35
<b>4.1 Introducción</b> .....	35
<b>4.2 ATM vs. Frame Relay</b> .....	37
4.2.1 Algunas semejanzas generales entre ATM y FR .....	37
4.2.2 Algunas diferencias generales entre ATM y FR .....	38
<b>4.3 Escenarios para la interconexión</b> .....	45
4.3.1 Interconexión de redes .....	45

4. 3. 2 Interconexión de servicios.....	47
<b>4. 4 Estandarización</b> .....	<b>48</b>
4. 4. 1 Estandarización para la interconexión de redes .....	49
4. 4. 2 Estandarización para la interconexión de servicios .....	51
<b>4. 5 Funciones de Interconexión de redes ATM y FR</b> .....	<b>53</b>
4. 5. 1 Mapeo de tráfico (PDU de longitud variable).....	53
4. 5. 2 Detección de errores .....	55
4. 5. 3 Multiplexación de la conexión.....	56
4. 5. 4 Indicación de prioridad de pérdida de celda .....	57
4. 5. 5 Indicación de congestión.....	59
4. 5. 6 Gestión del estado del PVC.....	60
<b>4. 6 Requerimientos de prueba para la interconexión</b> .....	<b>62</b>
4. 6. 1 Prueba del mapeo de la prioridad de descargo.....	64
4. 6. 2 Pruebas de desempeño.....	66
4. 6. 3 Pruebas de la capacidad de manejo de la trama .....	67
4. 6. 4 Prueba de buffers .....	67
4. 6. 5 Prueba de sincronización del receptor .....	68
4. 6. 6 Prueba de desempeño del backplane .....	68
4. 6. 7 Perfiles de tráfico .....	69
4. 6. 8 Pruebas de servicio en una red.....	70
<b>5. TEMAS ABIERTOS DE INTERCONEXIÓN ATM Y FRAME RELAY</b> .....	<b>71</b>
<b>5. 1 Interacción de SVC</b> .....	<b>71</b>
<b>5. 2 Ingeniería de tráfico</b> .....	<b>72</b>
<b>5. 3 Gestión del tráfico</b> .....	<b>74</b>
<b>5. 4 Resolución de direcciones</b> .....	<b>75</b>
<b>5. 5 Gestión de la red</b> .....	<b>76</b>
<b>6. EVOLUCIÓN DE LA INTERCONEXIÓN ATM Y FRAME RELAY</b> .....	<b>78</b>
<b>7. CONCLUSIONES</b> .....	<b>82</b>
<b>8. BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>85</b>

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 2. 1. CONMUTACIÓN DE PAQUETES .....	5
FIGURA 2. 2. TRAMA TÍPICA FRAME RELAY .....	7
FIGURA 2. 3. ENCABEZADO DE LA TRAMA FRAME RELAY .....	9
FIGURA 2. 4. IDENTIFICADOR DE CIRCUITO VIRTUAL DLCI.....	10
FIGURA 2. 5. FRAME RELAY Y EL MODELO OSI.....	12
FIGURA 2. 6. INTERFASES FRAME RELAY .....	15
FIGURA 3. 1. LA CELDA ATM.....	23
FIGURA 3. 2. ENCABEZADO DE LA CELDA ATM.....	23
FIGURA 3. 3. MODELO DE REFERENCIA ATM .....	26
FIGURA 3. 4. CAPA DE ENLACE DE DATOS ATM.....	28
FIGURA 3. 5. RED ATM .....	31
FIGURA 3. 6. INTERFASES ATM .....	32
FIGURA 3. 7. CONEXIONES VIRTUALES EN ATM .....	34
FIGURA 4. 1 INTERCONEXIÓN DE REDES .....	46
FIGURA 4. 2 INTERCONEXIÓN DE SERVICIOS .....	48
FIGURA 4. 3 CONFIGURACIONES PARA LA INTERCONEXIÓN DE REDES FR/ATM.....	50
FIGURA 4. 4 CONFIGURACIÓN TÍPICA DE INTERCONEXIÓN DE SERVICIOS FR/ATM.....	51
FIGURA 4. 5 ESTRUCTURA DE LA FR-SSCS PDU .....	55
FIGURA 4. 6 MAPEO DE LA ELECCIÓN DE DESCARTE.....	59
FIGURA 4. 7 MAPEO DE LA INDICACIÓN DE CONGESTIÓN .....	60
FIGURA 4. 8 PILA DE PROTOCOLO PARA LA GESTIÓN DEL ESTADO DEL PVC.....	62
FIGURA 6. 1 PRIMERA FASE.....	79
FIGURA 6. 2 SEGUNDA FASE .....	80
FIGURA 6. 3 TERCERA FASE .....	81

## GLOSARIO

*AAL*: Capa ATM de adaptación  
*AESA*: Dirección de estación final ATM  
*ATM*: Modo de transferencia Asíncrono  
*AUU*: Indicación de usuario ATM a usuario ATM  
*BEEN*: Notificación de congestión explícita hacia atrás  
*BISDN*: Red Digital de Servicios Integrados de Banda Ancha  
*CIR*: Tasa de información ejecutada  
*CLP*: Prioridad de pérdida de la celda  
*CMIP*: Protocolo de información de la gestión común  
*CPCS*: Subcapa de convergencia de la parte común  
*CPE*: Equipo en las instalaciones del cliente  
*CRC*: Código de redundancia cíclica  
*CRS*: Servicio de relevo de celdas  
*DE*: Elección de descargo  
*DLCI*: Identificador de conexión del enlace de datos  
*EFCI*: Indicación de congestión explícita hacia adelante  
*FECN*: Notificación de congestión explícita hacia adelante  
*FRAD*: Dispositivo de acceso Frame Relay (FR Access Devices)  
*FRF.5*: Función de interconexión FR/ATM  
*FRS*: Switch Frame Relay  
*FR-SSCS*: Subcapa FR de convergencia del servicio específico  
*GCRA*: Algoritmo genérico de tasa de celda  
*HEC*: Control de errores del encabezado  
*I.555*: Recomendación de la ITU-T para la interconexión de servicios FR  
*ICMP*: Protocolo de mensaje de control de Internet  
*ISDN*: Red digital de servicios integrados  
*IWF*: Función de interconexión  
*LAN*: Redes de área local  
*LAPD*: Procedimiento de acceso al enlace canal D  
*LLC*: Control del enlace lógico  
*MAC*: Control de acceso al medio  
*NNI*: Interfaz red-red  
*OSI*: Interconexión de sistemas abiertos  
*PMD*: Subcapa dependiente del medio físico, en ATM  
*PVC*: Circuito virtual permanente  
*QoS*: Calidad de Servicio  
*S*: Mensaje de estado entre redes Frame Relay  
*SAR*: Segmentación y reensamble  
*SDU*: Unidad de datos de servicio

*SE*: Mensaje de indagación de estado entre redes Frame Relay  
*SIWF*: Función de interconexión de servicios  
*SNMP*: Protocolo simple de gestión de red  
*SSCS*: Subcapa de convergencia del servicio específico  
*SVC*: Circuito virtual conmutado  
*TDM*: Multiplexación por división de tiempo  
*UNI*: Interfaz usuario red  
*VBR*: Tasa de bit variable  
*VC*: Canal Virtual  
*VC*: Circuito virtual  
*VCC*: Conexión de canal virtual  
*VCI*: Identificador de conexión virtual  
*VP*: Trayectoria virtual  
*VPI*: Identificador de trayectoria virtual  
*WAN*: Red de área extensa  
*X.25*: Estándar diseñado para la transmisión de datos, previo a FR

## 1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el mundo de las redes de datos se encuentra parcialmente gobernado por una tecnología relativamente reciente y que ha demostrado ser una respuesta a la demanda existente de interconexión de redes de área local. Esta tecnología se conoce con el nombre de *Frame Relay*. El éxito de dicha tecnología radica en el hecho de que puede ser implementada de una manera bastante sencilla en comparación con otras, ya que puede realizarse sobre una infraestructura de comunicaciones existente y la migración a esta en la gran mayoría de los casos consiste en una actualización menor del software de los routers y el hardware de algunos conmutadores de paquetes<sup>1</sup>. *Frame Relay* también posee una gran ventaja, y es que por el uso de las *conexiones virtuales* se aprovecha de mejor manera una línea de comunicaciones y esto se ve reflejado en los costos. Recientemente se ha desarrollado otra tecnología capaz de soportar aplicaciones futuras tales como la integración en banda ancha de servicios de voz, video y datos, sobre una misma red. Y es conocida como *ATM*. *ATM* es la tecnología del futuro, a pesar de la demanda voraz de ancho de banda por parte de las redes de área local y que se incrementa a medida que avanza el tiempo, su diseño basado en celdas la hace menos propensa a quedarse corta frente al aumento en las velocidades de transmisión, pero actualmente su implementación

---

<sup>1</sup> USBECK WANDEMBERG, Carlos. Introducción a *Frame Relay*. Ecuador: Complementos electrónicos S. A, 1998. p. 5

es relativamente costosa y más complicada que Frame Relay, por lo que todavía se prevé que Frame Relay seguirá existiendo por bastante tiempo, ATM es vista como el gran carrier empleado para transportar grandes cantidades de información sin importar de que fuente provenga, haciéndolo ideal para servicios de *backbone*. Ante este escenario podríamos pensar en ambas tecnologías como competidoras y algunas veces como complementarias, pero la realidad de todo esto es que ambas tecnologías *existen* y *coexisten*. El panorama actual de las redes WAN tiene su base o columna vertebral en estas dos tecnologías, ya que ambas son las líderes en el transporte de datos a nivel global; el mundo está colmado de redes ATM y Frame Relay y esto es razón suficiente para hacer que ambos tipos de redes interactúen con el objeto de interconectar a un mundo que se encuentra inmerso en la necesidad del tráfico de información.

La interconexión de redes ATM y Frame Relay se encuentra dividida en dos tipos: *Interacción de Redes*<sup>2</sup> e *Interacción de servicios*<sup>3</sup>. En estas dos clases de servicios se encuentran basados los estándares que normalizan las funciones de interconexión ATM-Frame Relay.

---

<sup>2</sup> “Network Interworking”

<sup>3</sup> “Service Interworking”

## **2. FRAME RELAY**

### **2.1 Introducción**

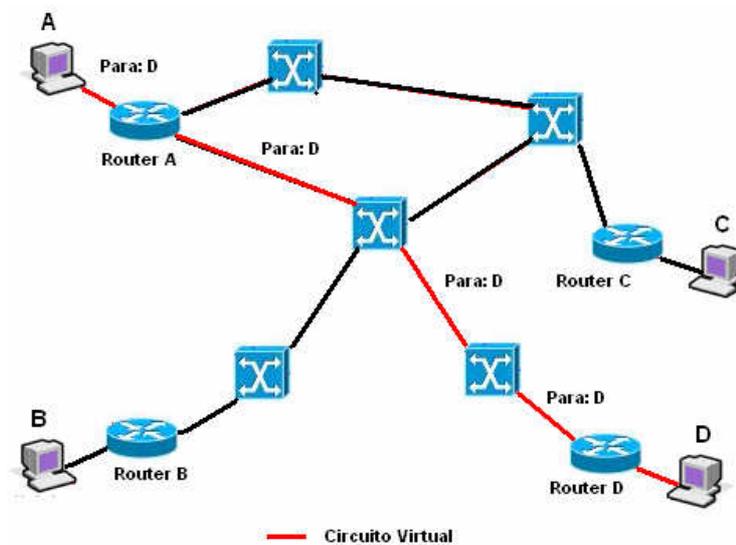
La existencia de Frame Relay en la actualidad, es la consecuencia de varios eventos notables citados a continuación. El primero consistió en el hecho de que para la década de 1990, se produjo una instalación progresiva de computadores personales (PC) y estaciones de trabajo en diversas instituciones comerciales, gubernamentales, educativas y de investigación. Ya para esa época existían las llamadas redes de área local (LAN), implementadas bajo diversas tecnologías donde figuran principalmente Token Ring y Ethernet. Combinando estos dos sucesos podemos inferir que las redes de área local para este entonces se empezaban a masificar. Antes que Frame Relay surgiera, ya existía la necesidad de interconectar dichas redes LAN, y para esto, se crearon tecnologías como X.25 primordialmente- generando así, las redes de área extensa (WAN). El principal detonador de la creación del estándar Frame Relay surgió a partir de la necesidad de más ancho de banda en la transmisión de los datos, ya que la tecnología de la década de 1980 y principios de 1990 se enfocó hacia tasas de transmisión de 1.2 Kbps a 19.2 Kbps que son insuficientes para las transmisiones voluminosas de datos tales como gráficos de mapas de bits e información de bases de datos grandes. A esto se le suma el hecho de que el protocolo X.25 contaba con muchas

costosas y demoradas funciones de corrección de errores, edición y retransmisión. Y esto se debía a que este protocolo funcionaba sobre sistemas de comunicaciones que eran propensos a cometer errores y de alguna manera había que emplear mecanismos de protección y contingencia.

**2. 1. 1 Definición de Frame Relay.** Frame Relay es un protocolo WAN de alto desempeño que opera en la capa física y de enlace de datos del modelo OSI. Frame Relay es un ejemplo de tecnología orientada al bit que utiliza el mecanismo de conmutación de paquetes. Se considera una versión resumida de X.25 ya que minimiza y elimina funciones propias de dicho protocolo tales como la corrección de errores y retransmisión, lo que hace que este protocolo se encuentre ubicado entre los protocolos rápidos por paquetes; y esto se obtiene aprovechando el avance en los sistemas de comunicación que cada vez son más confiables. Dentro de las características de Frame Relay, encontramos que también es un protocolo orientado a la conexión, esto es, que se debe primero efectuar la ruta de los datos para luego efectuar la transmisión a través del mismo. Esa ruta de datos es lo que se conoce en Frame Relay como *circuito virtual (VC)*, y se entiende de esta manera, ya que de forma virtual se emula una línea de comunicaciones que va desde el transmisor hasta el receptor, pero en realidad lo que se hace es un conjunto de saltos entre conmutadores hasta llegar al nodo final. En la figura 2. 1 se ilustra el proceso de como se envían los paquetes a través de la red Frame

Relay por el VC, se observa como son conmutados los paquetes por diversos segmentos de la red hasta llegar a su destino final.

**Figura 2. 1.** Conmutación de paquetes.



**2. 1. 2 ¿Por qué usar Frame Relay?.** La razón fundamental para usar Frame Relay es obtener una mejor conectividad entre redes de área local por un menor precio. También otra ventaja que posee esta tecnología es su fácil implementación y migración. Los servicios de Frame Relay pueden constituir un reemplazo con ventajas en los costos de las líneas dedicadas, o pueden ser una buena interfaz para ser usada sobre estas líneas. La funcionalidad de Frame Relay permite implementar sobre una misma línea física distintos circuitos virtuales, y esto es una gran ventaja a la hora de conmutar tráfico a distintos usuarios de una misma

red o destinación por el ahorro en líneas dedicadas.

## **2. 2 Estandarización**

Frame Relay se ha desarrollado desde ya varios años. Tres estándares indicaron el camino para dicha tecnología. El I.122 de la ITU-T proporcionó la base inicial con la publicación de servicios de portador ISDN para servicios adicionales de paquetes. Algunos de los trabajos realizados para el estándar Q.921 de la ITU-T (LAPD) demostraron la utilidad de la multiplexación en circuitos virtuales para los protocolos de la capa de enlace de datos. La norma V.120 de la ITU-T también sirvió como cimiento valioso porque define operaciones de multiplexación a través de la interfaz S/T de ISDN, donde la multiplexación es un aspecto importante en Frame Relay. Hoy en día, los estándares de Frame Relay son publicados por la ITU-T y el ANSI. Los documentos del ANSI y la ITU-T están más o menos alineados en lo técnico; sin embargo, sus ciclos de actualización varían y algunas de las secciones no son coherentes entre diversos documentos. El Frame Relay Forum (FRF) también es un equipo activo en el campo, cualquier empresa que desee promover y/o influir en el desarrollo de los estándares de Frame Relay puede unirse a este foro. Otro participante en los estándares es el grupo Bellcore, quien ha realizado también notables publicaciones. Para una mejor visualización de los estándares que se encuentran alrededor de Frame Relay por favor remítase

a la tabla 2. 1 presentada a continuación.

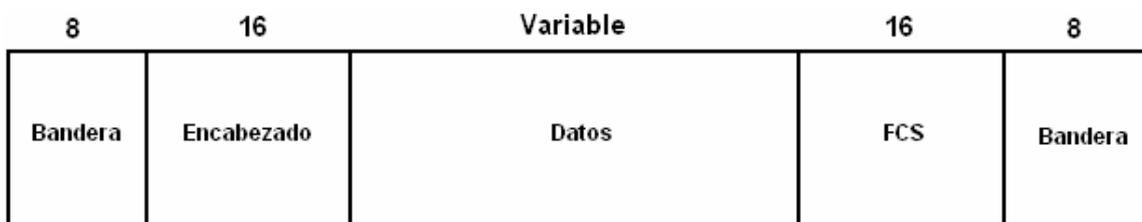
**Tabla 2. 1.** Estándares de Frame Relay

	<b>Descripción del servicio</b>	<b>Aspectos Fundamentales</b>	<b>Señalización de acceso</b>
<b>ITU-T</b>	I.233	Q.922, anexo A	Q.933
<b>ANSI</b>	T1.606	T1.618	T1.617
<b>FRF</b>	Interfaz Red-Red de Frame Relay		
<b>Bellcore</b>	TR-TSV-001369		
	TR-TSV-001370		

### 2. 3 Formato de la trama Frame Relay

**2. 3. 1 Formato estándar de la trama.** En la figura 2. 2 se observa la composición de la trama típica de Frame Relay.

**Figura 2. 2** Trama típica Frame Relay



\* Las longitudes están en bits

Esta trama posee un encabezado de 2 bytes, a diferencia de tramas extendidas donde el campo de encabezado puede poseer 3 o 4 bytes; dicha extensión se realiza para soportar una gama más amplia de direcciones DLCI o para soportar funciones optativas de núcleo.

**2. 3. 2 Descripción de los campos.** Los campos de la trama Frame Relay son explicados a continuación, junto con una profundización en el campo de encabezado.

**Banderas:** Son secuencias de 8 bits que indican el inicio y fin de una trama Frame Relay. La secuencia específica de las banderas es 01111110 y su unicidad esta garantizada en todo el caudal de bits.

**Encabezado:** El encabezado de una trama Frame Relay puede ser de 3 clases de 2 bytes, 3 bytes y 4 bytes; aunque la variante más empleada es la de 2 bytes. De acuerdo a su tamaño el encabezado esta formado como lo indica la figura 2. 3.

**Figura 2. 3.** Encabezado de la trama Frame Relay

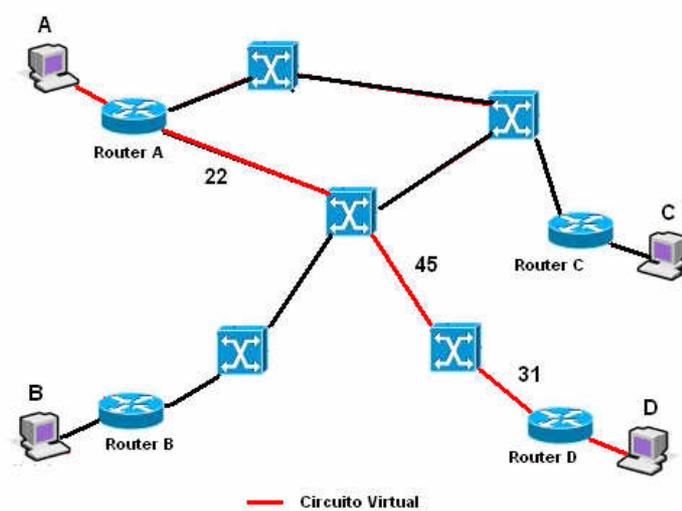
(segmento superior DLCI)			C/R	EA 0	<b>Formato de 2 bytes</b>
(segmento inferior DLCI)	FECN	BECN	DE	EA 1	
(segmento superior DLCI)			C/R	EA 0	<b>Formato de 3 bytes</b>
DLCI	FECN	BECN	DE	EA 0	
(segmento inferior DLCI)			D/C	EA 1	
(segmento superior DLCI)			C/R	EA 0	<b>Formato de 4 bytes</b>
DLCI	FECN	BECN	DE	EA 0	
DLCI				EA 0	
(segmento inferior DLCI)			D/C	EA 1	

Definición de los campos del encabezado:

- *DLCI (Data Link Connection Identifier)*: Este campo corresponde a la dirección de la trama, se encarga de separar y distinguir distintos circuitos virtuales a través de cada enlace que se encuentre entre el usuario y el nodo destino en la red Frame Relay. Por lo tanto, este campo es usado para multiplexar distintas conexiones virtuales. El DLCI de acuerdo al tamaño del encabezado puede ser de 10, 16 y 23 bits de longitud. Este campo tiene un significado local, esto quiere decir que sus valores son únicos en la LAN y no necesariamente en la WAN. A medida que el paquete transita por la red este campo va tomando diversos valores, ya que cada vez que llega a un conmutador, este lo confronta con su tabla de

enrutamiento para dirigir el paquete por el puerto correcto y en el DLCI acertado hasta llegar a su destino. Este proceso lo podemos ver ilustrado en la figura 2. 4.

**Figura 2. 4.** Identificador de circuito virtual DLCI



- *C/R (Command / Response field bit)*: Es el bit que sigue siempre al segmento superior del DLCI. Su función es la de indicar cuando una trama es de instrucción (0) y cuando es de respuesta (1); este bit puede ser utilizado por los protocolos situados por encima de la capa 2 y es transportado de forma transparente a través de la red.
- *EA (Extended Address)*: Este bit es empleado para expandir o limitar el tamaño del encabezado a 3 o 4 bytes. Si su valor es 0 este se expande, y si es 1 indica el último octeto en el encabezado.

- *FECN (Forward Explicit Congestion Notification)*: Este bit sirve para notificar al dispositivo receptor que hay problemas de congestión en la red. Y es enviado en la misma dirección que la trama viaja. Si este campo se encuentra en 1 indica bloqueo.
- *BECN (Backward Explicit Congestion Notification)*: Este bit sirve para notificar al dispositivo transmisor que hay congestión en la red. Y es enviado en la dirección opuesta a la que la trama se encuentra viajando. Si este campo se encuentra en 1 indica bloqueo.
- *DE (Discard Eligibility)*: Este bit es colocado por el dispositivo transmisor para indicar a la red que la trama que contiene dicho bit en 1 se puede descartar en el momento en que haya una congestión en la red, ya que se considera una trama de baja prioridad.

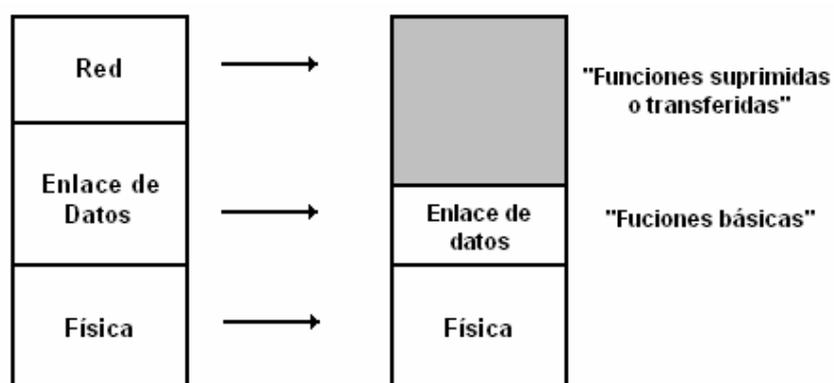
**Datos:** Es la información útil proveniente del dispositivo transmisor.

**FCS:** En inglés *Frame Check Sequence*, este campo asegura la integridad de la información transmitida. Es un valor numérico que va asociado a un algoritmo de detección de errores; dicho valor es calculado en el transmisor y corroborado por el receptor para así saber si no hubo pérdida de la información.

## 2. 4 Frame Relay y el modelo OSI

Frame Relay se diseñó pensando en eliminar y/o combinar muchas de las operaciones que residen en las capas 2 y 3 del modelo de referencia, como podemos observar en la figura 2. 5, Frame Relay no posee capa de red, las funciones propias de la capa de red se han suprimido casi en su totalidad y algunas se han transferido a la capa de enlace de datos, también observamos una capa de enlace de datos resumida con las funciones básicas. Teniendo en cuenta este hecho, reafirmamos la premisa de que Frame Relay es un protocolo rápido porque casi no se hace nada. Las funciones de capa 3 son descargadas sobre protocolos superiores diferentes a Frame Relay.

**Figura 2. 5.** Frame Relay y el modelo OSI



**2. 4. 1 La capa física.** Realiza la transmisión de cadenas de bits, sin ninguna estructuración adicional, a través del medio físico. Tiene que ver con las características mecánicas, eléctricas, funcionales y los procedimientos para el acceso al medio físico. El Frame Relay Forum decidió adoptar como soluciones para el nivel uno, las interfases físicas ya normalizadas por la UIT. No obstante, debe señalarse que no existe ninguna limitación para utilizar cualquier otro estándar siempre y cuando los equipos a interconectar en ambos extremos lo soporten. Las interfases más comúnmente empleadas son: V.35, X.21 y G.703.

**2. 4. 2 La capa de enlace de datos.** Se encarga de la transferencia fiable de información a través del enlace físico, enviando los bloques de datos (tramas), con la sincronización, control de errores y control de flujo necesarios. Al protocolo completo de nivel dos se le conoce como LAP-F (Link Access Procedures for Frame mode bearer services) que es utilizado en Frame Relay para controlar el enlace de datos, y se divide en dos partes:

*La subcapa inferior 2.1 (MAC), servicios centrales de Frame Relay, que está presente tanto en los equipos terminales de abonado (FRAD, router) como en los conmutadores de red para garantizar una alta velocidad de conmutación. Esta subcapa cumple funciones como: Multiplexación, demultiplexación, chequeo de*

errores, control de secuencias a pérdidas de tramas, inspeccionar si la trama es muy corta o muy larga, control de flujo, entre otras.

*La subcapa superior 2.2 (LLC), fuera de Frame Relay, que se implementa únicamente en los extremos del circuito virtual, en los equipos terminales del cliente.*

## **2. 5 Dispositivos Frame Relay**

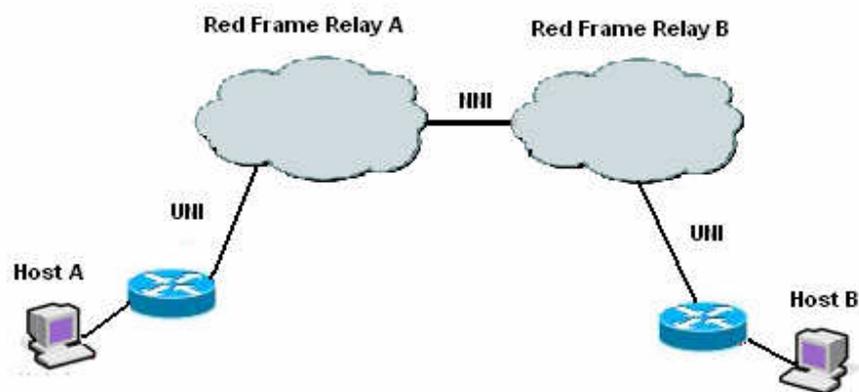
Los dispositivos que se encuentran involucrados en una red Frame Relay se dividen en 2 categorías:

- *DTE* (Data Terminal Equipment), este dispositivo corresponde a los nodos terminales de usuario de una red Frame Relay, se conocen también como FRAD. Y ejemplos de dichos dispositivos son: Routers, terminales computadoras personales y bridges.
- *DCE* (Data Carrier Equipment), este dispositivo es el responsable de la conmutación de los paquetes y la temporización, se conoce también como FRS. Básicamente estos dispositivos son los conmutadores Frame Relay.

## 2. 6 Interfases

En una red Frame Relay se encuentran dos tipos de interfases, la primera es la UNI y es la que define los procedimientos entre el usuario y la red. La segunda es la llamada NNI y define los procedimientos entre las redes Frame Relay. La correcta interconexión y operación entre redes Frame Relay, requieren que se use en la UNI y la NNI los procedimientos estipulados en el ANSI T1.617 anexo D. Y esto sugiere el envío de mensajes de indagación de estado (SE) y de estado (S) por parte del usuario y la red, respectivamente. Para una mejor visualización ver figura 2. 6 a continuación.

**Figura 2. 6.** Interfases Frame Relay



## **2. 7 Implementaciones de redes Frame Relay**

**2. 7. 1 Redes Frame Relay Públicas.** Esta implementación de red se caracteriza porque el DCE o conmutador Frame Relay es propiedad de empresas de telecomunicaciones y no del usuario. El DTE o equipo Terminal puede ser propiedad del suscriptor o un equipo arrendado por el proveedor. Este tipo de redes es la más comúnmente usada hoy en día. La administración y mantenimiento de estas redes es realizada por el proveedor, el usuario solamente accede a la red de manera transparente.

**2. 7. 2 Redes Frame Relay Privadas.** Estas redes pertenecen a la empresa privada, no dependen de un proveedor como tal. El mantenimiento y administración de la red es realizado por el mismo usuario, los equipos terminales y de conmutación son propiedad privada y no pueden ser utilizados por terceros.

## 2. 8 Circuitos Virtuales

Como se dijo anteriormente Frame Relay es un protocolo orientado a la conexión, esto quiere decir que un trayecto de comunicación es definido entre cada par de equipos y esto se logra por medio de un identificador de conexión (DLCI). Este servicio es implementado usando un circuito virtual, el cual es una conexión lógica que se establece entre dos DTE a través de una red de conmutación de paquetes Frame Relay. Un número específico de circuitos virtuales pueden ser multiplexados dentro de un mismo canal físico, esto es una ventaja que se refleja en el número de equipos y también se reduce la complejidad que podría tener el interconectar múltiples DTE. Los circuitos virtuales pueden ser de dos clases:

- *Circuitos virtuales conmutados (SVC)*: Son conexiones temporales usadas en situaciones donde se requieren transferencias esporádicas de datos entre dos DTE a través de la red Frame Relay. Una comunicación vía SVC consta de 4 estados operativos. Establecimiento del circuito virtual, transferencia de datos, estado de inactividad y liberación de la conexión. El paso de inactividad a liberación se produce cuando no se registra tráfico de información en el SVC durante un determinado periodo de tiempo.

- *Circuitos Virtuales Permanentes (PVC)*: Son conexiones virtuales establecidas permanentemente, usadas en situaciones donde son frecuentes y consistentes las transferencias de datos entre dos DTE a través de la red Frame Relay. Los PVC pueden operar en los siguientes dos estados: Transferencia de datos e inactividad, a diferencia de los SVC no se requiere establecimiento ni liberación, ya que el canal esta constantemente establecido y la transferencia de los datos puede ocurrir cuando los DTE se encuentren preparados.

## **3. ATM**

### **3. 1 Introducción**

El desarrollo de la tecnología ATM es el resultado de dos sucesos clave: Los estándares y los avances en el desarrollo de los circuitos integrados. Por el lado de los estándares, la ITU-T y el ATM Forum definieron bajo el nombre de ATM una única modalidad de transferencia de información independiente de su contenido (voz, video y datos). De manera conveniente para el desarrollo de dicha tecnología, los protocolos de nivel de enlace de datos existentes en ese entonces como Frame Relay no poseían una técnica conveniente de transmisión para las aplicaciones sensibles al tiempo, ya que estos están más enfocados hacia la transmisión de datos. En comunicaciones de datos el desempeño es caracterizado por la velocidad de transferencia, y debido a que la mayoría de aplicaciones de datos no son sensibles al tiempo un óptimo rendimiento es obtenido en la capa de enlace de datos transmitiendo la mayor cantidad de datos por cada SDU. Pero para aplicaciones de video –por ejemplo, esto es propenso a producir retardo y variación del retardo o jitter. Con el fin de contrarrestar estos efectos causados por el envío de grandes SDU se minimizó su tamaño, lo que ocasiona retardos de

despreciables y tráficos con velocidades constantes. Por otro lado, los avances en la fabricación de ASICs<sup>4</sup> fueron el otro factor determinante en el desarrollo de ATM, ya que estos abrieron la posibilidad de procesar información a velocidades comparables con SDH/SONET. En la actualidad se han desarrollado cross conectores ATM que pueden conmutar a velocidades que van desde 2 a 80Gbps, en diversas aplicaciones. Todos estos factores han provocado el surgimiento de esta tecnología, considerada como: *La tecnología del futuro*.

**3. 1. 1 Relevamiento de celdas (CRS).** Como se dijo anteriormente, la tecnología ATM es caracterizada por la disminución del tamaño de los paquetes de información a transferir, estas unidades en ATM se conocen con el nombre de *celdas*, y al servicio de usuario como tal, para la transmisión de dichos paquetes es lo que se le conoce como *servicio de relevamiento de celdas (CRS)*.

**3. 1. 2 Modo de Transferencia Asíncrona (ATM).** ATM es un estándar de la ITU-T para el servicio de relevamiento de celdas, donde se puede transmitir información de diferentes medios como voz, datos y video a través de redes públicas y privadas. Esta desarrollada en base a una arquitectura de celdas en lugar de tramas, estas

---

<sup>4</sup> DIXIT, Sudhir y ELBY, Stuart. Frame Relay and ATM Interworking. New York: IEEE Communications Magazine, 1996. p. 5

celdas tienen siempre una longitud fija de 53 bytes. ATM combina las ventajas de la conmutación de circuitos (Capacidad garantizada y retardos constantes) y la conmutación de paquetes (Provee flexibilidad y eficiencia frente al tráfico intermitente). Su naturaleza asíncrona presenta una ventaja notable frente a las tecnologías síncronas como TDM, ya que en TDM a cada usuario le es asignado un canal de velocidad fija y solo una única estación puede transmitir por dicho canal. Si un usuario tiene mucha información que enviar tiene que resignarse a enviar solo cuando le toque su turno, aún si los otros canales se encuentran vacíos. En ATM los canales de tiempo están disponibles por demanda, y se etiqueta cada paquete en el encabezado de la celda para saber su procedencia. Al igual que Frame Relay, ATM es una tecnología orientada a la conexión.

### **3. 2 Estandarización**

ATM esta basado en los esfuerzos de la ITU-T para estandarizar lo que se conoce como B-ISDN. La cual fue concebida originalmente como una tecnología de alta velocidad para la transmisión de voz, video y datos a través de redes públicas. El ATM Forum amplió la visión de ATM para usarse sobre redes públicas y privadas. El ATM Forum ha realizado su trabajo para estandarizar las siguientes

especificaciones que se listan a continuación:

- UNI 2.0
- UNI 3.0
- UNI 3.1
- UNI 4.0
- P-NNI (Public - Network Node Interface)
- LAN Emulation (LANE)
- Multiprotocolos sobre ATM

### **3. 3 Estructura de la celda ATM**

Como se dijo anteriormente, la transmisión de los datos a través de las redes ATM se realiza por medio de unidades de longitud fija llamadas celdas. Cada celda está compuesta por un grupo de 53 bytes, donde los primeros 5 contienen toda la información de señalización o encabezado y los 48 bytes restantes son la carga útil o los datos de usuario. En la figura 3. 1 podemos observar la celda ATM y su respectiva distribución.

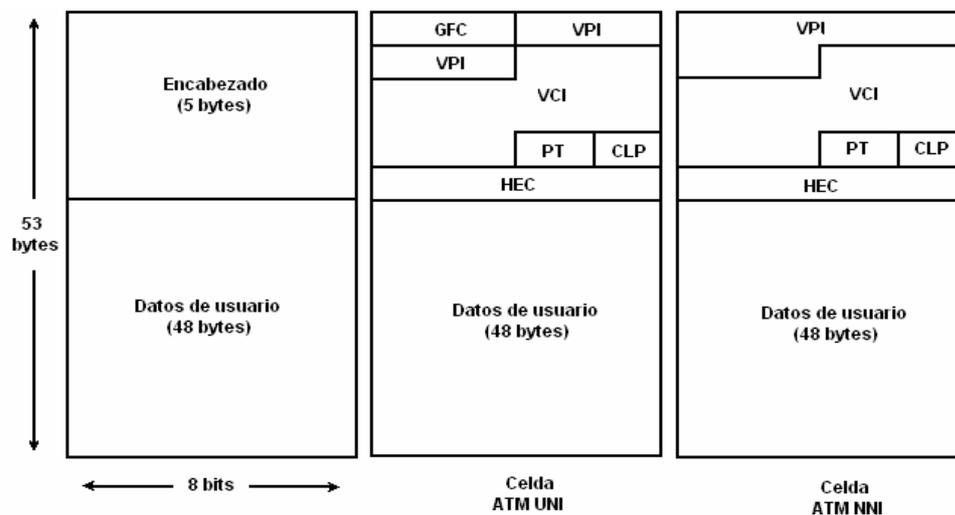
**Figura 3. 1.** La celda ATM



\* Las longitudes se encuentran en bytes

**3. 3. 1 Encabezado de la celda ATM.** El encabezado de 5 bytes de la celda ATM se encuentra distribuido en bloques de información, que cada uno consta de un significado único y serán vistos en detalle en la próxima sección. En la figura 3. 2 se pueden observar los distintos encabezados que existen en el estándar ATM dependiendo de la interfaz.

**Figura 3. 2.** Encabezado de la celda ATM



**3. 3. 2 Campos del encabezado ATM.** Cada uno de los campos del encabezado ATM, se explican a continuación:

- **Generic Flow Control (GFC):** En español, control de flujo. Posee funciones locales tales como, la identificación de múltiples estaciones que comparten una única interfase ATM. Este campo típicamente no es usado y se coloca en su valor por defecto 0000.
- **Virtual Path Identifier (VPI):** En español, identificador de trayectoria virtual. Este campo posee la dirección de la próxima trayectoria virtual que ha de atravesar la celda.
- **Virtual Channel Identifier (VCI):** En español, identificador del canal virtual. Este campo posee la dirección del próximo canal virtual que ha de atravesar la celda.
- **Payload Type (PT):** En español, tipo de carga útil. Es un campo de tres bits que posee las siguientes indicaciones. Si el primer bit se encuentra en 1 la red entiende que son datos de control, si es 0 la red entiende que son datos de usuario. El segundo bit es llamado EFCI y sirve para indicar a la red que existe congestión, cabe destacar que este bit notifica siempre al nodo de adelante la congestión o sea viaja en el sentido de la información, a diferencia de Frame Relay que usa dos mecanismos de notificación hacia atrás y hacia delante. El tercer bit es conocido como AUU cuando este bit

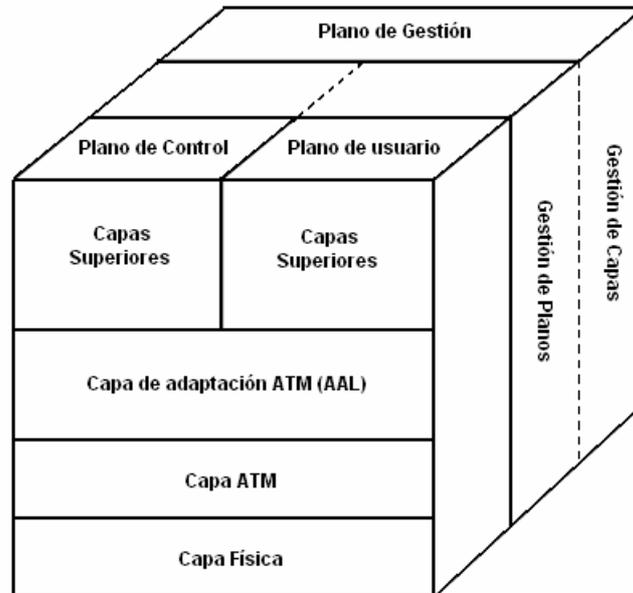
es 1 indica que esa celda es la última de la serie de celdas que representan una trama para la capa de adaptación 5.

- Cell Loss Priority (CLP): En español, prioridad de descarte de celda. Todas las celdas que contengan este bit en 1, tienen prioridad para ser descartadas mientras se transporten por la red en caso de que esta posea congestión extrema.
- Header Error Control (HEC): En español, control de errores del encabezado. Como su nombre lo indica, este campo sirve para detectar si hubo errores en la transmisión del encabezado. Es un cálculo de redundancia cíclica para los 4 primeros bytes de cada celda y puede corregir un único error que haya ocurrido en esos bytes.

### **3. 4 ATM y el modelo OSI**

La arquitectura de ATM usa un modelo lógico para describir la funcionalidad que soporta. ATM consta de dos capas, la física y parte de la capa de enlace de datos del modelo OSI. Además ATM posee los siguientes planos que expanden cada una de las capas (Ver figura 3. 3):

**Figura 3. 3.** Modelo de referencia ATM



- Plano de control: Este plano es el encargado de generar y administrar los requerimientos de señalización. Esto es establecimiento, mantenimiento y cancelación de conexiones virtuales.
- Plano de usuario: Este plano es el responsable de administrar la transferencia de los datos. Por lo general estos protocolos dependen de la aplicación y en la mayoría de los casos operan de extremo a extremo.
- Plano de gestión: Este plano consta de 2 componentes:
  1. Gestión de capas: Se encarga de administrar las funciones gestión de capa, encargadas del manejo de recursos, parámetros de usuario y la información de operación y mantenimiento de la red.

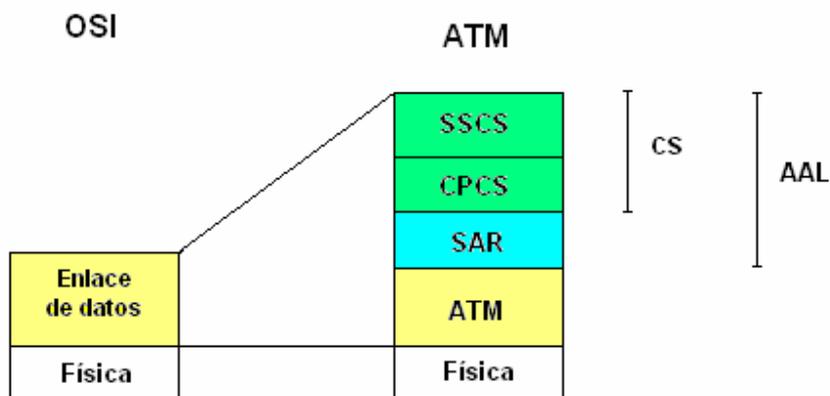
2. Gestión de planos: Administra y coordina las funciones relacionadas al sistema global.

**3. 4. 1 La capa física.** Análoga a la capa física del modelo OSI, son las características mecánicas, eléctricas, funcionales y los procedimientos para el acceso al medio físico. Posee dos funciones básicas: El transporte de celdas válidas y la entrega de la información de sincronismo. Este se subdivide en dos capas:

- Subcapa TC (Transmission Convergence): Esta subcapa realiza las siguientes funciones: Recuperación y regeneración la trama de transmisión (celdas, contenedor SDH), inserción de las celdas dentro de la trama de transmisión (Cell mapping), delineamiento de celdas, generación y verificación del HEC, ajuste de celdas de relleno.
- Subcapa PMD (Physical Medium Dependent): Esta subcapa se encarga de sincronizar la transmisión y la recepción, enviando y recibiendo continuos flujos de bits con información de temporización. También especifica el medio físico por donde se desea enviar la información, incluyendo el tipo de conector y el cable. Algunos medio físicos estándar son: SDH/SONET, STM-1, STM-4, DS-3/E3, 155 Mbps sobre fibra multimodo, entre otros.

**3. 4. 2 La capa de enlace de datos.** Casi todas las funciones que posee la capa de enlace de datos del modelo OSI, se realizan en las capas ATM y de adaptación AAL. Ver Figura 3. 4 para una visualización de la capa de enlace de datos.

**Figura 3. 4.** Capa de enlace de datos ATM



Capa ATM: Este nivel se puede considerar como el núcleo fundamental de la tecnología ATM. Sus funciones comunes a cualquier nodo se encargan de la manipulación de las celdas realizando los siguientes procedimientos. Construcción y extracción de encabezados. Conmutación entre los nodos empleando los campos VPI y VCI de los encabezados. Por último multiplexación/demultiplexación de celdas a través del medio físico, manteniendo una secuencia correcta de las celdas.

Capa de adaptación ATM (AAL): La capa de adaptación es la encargada de aislar los protocolos de capas superiores de los detalles de los procesos ATM, para así tener diferentes clases de servicios para diferentes aplicaciones. La AAL puede ser de 4 tipos:

1. AAL1: Especial para servicios orientados a la conexión, sensibles a retrasos con tasas de bit constantes. Por ejemplo: Voz y video sin comprimir.
2. AAL2: Especial para aplicaciones servicios orientados a la conexión que soportan velocidades variables. Por ejemplo: Video comprimido.
3. AAL3/4: Empleada para transmitir paquetes SMDS a través de ATM.
4. AAL5: Esta se emplea para transmitir servicios de paquetes orientados a conexión. Esta es la que se emplea para transmitir Frame Relay sobre ATM, por lo tanto los demás tipos de AAL perderán importancia de acuerdo al objetivo de la monografía.

Cualquiera de estas capas de convergencia -según sea la aplicación- se encuentran divididas en dos subcapas (Ver figura 3. 4): CS (Convergence Sublayer) y SAR (Segmentation and Reassembly). La capa CS, es la que hace posible tener sistemas ATM que ofrezcan diferentes clases de servicios a diferentes aplicaciones. La SAR es la capa más baja de la AAL y se encarga de dividir los paquetes provenientes de la CS en los 48 bytes de la carga útil de las celdas ATM; de manera recíproca cuando se encuentra recibiendo celdas, a partir

de ellas reconstruye los paquetes.

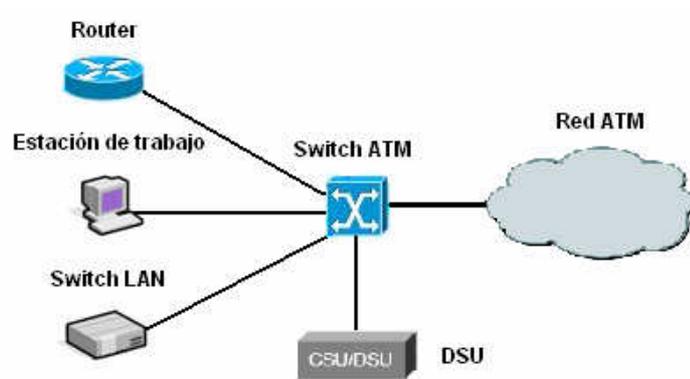
Es necesario destacar que la subcapa de convergencia CS también se divide en dos pequeñas subcapas (Ver figura 3. 4), una es la subcapa específica de convergencia del servicio (SSCS) y la otra es la Subcapa de convergencia de la parte común (CPCS). Cuando se desea transmitir tráfico Frame Relay sobre ATM se emplea como se dijo la AAL tipo 5, y dependiendo del escenario de interacción (FR/ATM) se usan ambas FR-SSCS y AAL5 CPCS para realizar un apropiado servicio de mapeo.

### **3. 5 Dispositivos ATM**

Una red ATM esta formada por switches o conmutadores ATM y dispositivos terminales ATM. Un switch ATM es responsable del transito de las celdas a través de la red ATM. El trabajo de un switch ATM es bien definido: Acepta la celda proveniente de un equipo terminal ATM u otro switch. Luego de esto, lee y actualiza el encabezado de la celda y rápidamente conmuta la celda a una interfase que va directo a su destino, de acuerdo a la tabla de enrutamiento. Un equipo terminal ATM, consiste en una interfase de adaptación para redes ATM.

Ejemplos de equipos terminales ATM son los routers, estaciones de trabajo, switches LAN, unidades de servicio digital (DSU) y video CODECS. La figura 3. 5 muestra una red ATM conformada por equipos terminales ATM y switches ATM.

**Figura 3. 5.** Red ATM

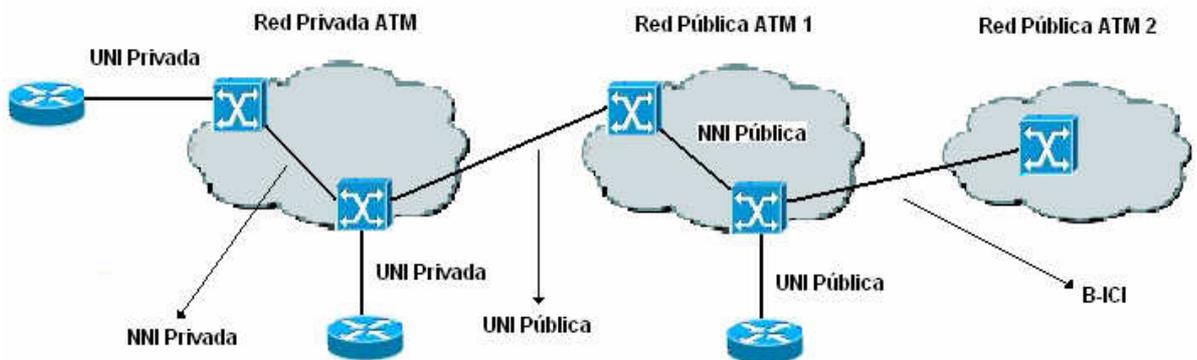


### 3. 6 Interfases

Una red ATM consiste en una serie de switches interconectados entre si por medio de enlaces o interfaces punto a punto. Los switches ATM soportan dos tipos de interfaces, usuario-red (UNI) y red-red (NNI). Una UNI conecta un dispositivo terminal ATM a un switch y una NNI conecta dos switches ATM. Dependiendo del tipo de empresa que posea el switch, las UNI y NNI pueden ser públicas o

privadas. Una UNI privada interconecta un dispositivo terminal ATM y un switch privado y una UNI pública interconecta un dispositivo terminal ATM o un switch ATM perteneciente a una red privada, con uno público. Una NNI privada interconecta dos switches ATM de la misma organización privada y una pública interconecta dos switches dentro de la misma organización pública. Una última clasificación es la llamada B-ICI y consiste en la interconexión de dos switches ATM públicos de diferente organización. La figura 3. 6 ilustra los diversos tipos de interfaces ATM.

**Figura 3. 6.** Interfases ATM



### **3. 7 Servicios ATM**

Existen tres tipos de servicios ATM: Circuito Virtual Permanente (PVC), Circuito Virtual Conmutado y servicio sin conexión (similar a SMDS). Un PVC permite conectividad directa entre sitios distintos y se puede considerar como una línea dedicada, además los PVC garantizan disponibilidad de la conexión y no requieren procesos de establecimiento entre switches. Un SVC es creado y liberado dinámicamente, este permanece en uso siempre y cuando exista transferencia de información; se puede pensar en él como una llamada telefónica. Los SVC por su funcionalidad, requieren de un protocolo de señalización para controlar la “llamada” y por esto requieren un tiempo extra en el procesamiento, sin embargo, son conexiones bastante flexibles y el establecimiento del circuito virtual es automático a diferencia de los PVC, en donde cada tramo es configurado manualmente.

### 3. 8 Conexiones Virtuales

Tal como se ha expuesto, las redes ATM son fundamentalmente orientadas a la conexión. Esto quiere decir que antes de transmitir un flujo de datos es necesario establecer el canal por donde transitarán. En ATM existen dos tipos de conexiones virtuales: *Canales Virtuales (VC)* y *Trayectorias Virtuales (VP)*. Una trayectoria virtual consiste en una cantidad de canales virtuales, dichas trayectorias son conmutadas transparentemente a través de la red ATM de acuerdo al VPI y los canales virtuales de igual forma de acuerdo al VCI; estas conexiones tienen significado local, ya que a medida que las celdas son conmutadas de nodo a nodo cambian los correspondientes valores del VPI y VCI hasta llegar al destino final. En la figura 3. 7 se pueden observar las diferentes conexiones virtuales que se implementan en ATM.

**Figura 3. 7.** Conexiones virtuales en ATM



## 4. INTERCONEXION ATM Y FRAME RELAY

### 4. 1 Introducción

Frame Relay ha probado ser una tecnología muy útil para ser aplicada en redes WAN, lo que se comprueba por el masivo uso de los equipos de acceso que trabajan bajo esta tecnología, o los denominados FRADs (Frame Relay Access Devices). Igualmente ha sucedido con los equipos en las instalaciones del cliente o CPE, por sus siglas en ingles (Customer Premise Equipment). Sin embargo en los últimos años, ATM le ha venido ganando espacio a esta tecnología y se ha posesionado como la tecnología de backbone preferida para soportar una gran variedad de servicios de red, incluyendo los propios de ATM y los típicos de Frame Relay.

ATM y Frame Relay coexistirán por muchos años, mientras ATM consigue ser una tecnología más económica, pues el hardware que demanda esta tecnología resulta muy costoso, y además porque es poco probable que los antiguos usuarios de Frame Relay, quienes han invertido en equipos FR, pierdan sus inversiones para cambiarse a equipos y servicios ATM.

Por lo anterior la interconexión ATM y FR es una solución que resulta muy conveniente para quienes han estado utilizando Frame Relay y desean conectarse con otras redes sin necesidad de realizar costosas inversiones en la infraestructura de sus redes. Y es útil también para los operadores de redes que normalmente utilizan ATM como tecnología de backbone, pero cuyos clientes a quienes deben darle el acceso a sus redes, trabajan con productos Frame Relay. Los operadores o *carriers* reciben el tráfico Frame Relay de sus clientes y recurren a los recursos que ofrece la interconexión ATM-FR y a la capacidad que tienen sus equipos de backbone de emular los servicios FR, para poder montar sobre sus redes, que son ATM, el tráfico de sus clientes. A lo anterior se le agrega el hecho de que deben hacerlo de tal forma que resulta transparente al usuario.

Pero al utilizar la interacción de ATM y Frame Relay, los carriers no solo se benefician al poder recibir clientes FR, sino que en ocasiones incluso implementan soluciones Frame Relay para los usuarios que no la requieren con el fin de ahorrar en recursos pues hay aplicaciones que resultan mas económicas si se montan como una solución FR, aunque al final el tráfico termine siendo transportado sobre redes ATM.

## **4. 2 ATM vs. Frame Relay**

A nivel comercial existe una fuerte competencia entre los proveedores de servicios de Frame Relay y ATM, lo que frecuentemente genera incógnitas para los usuarios acerca de que tecnología satisface mejor sus necesidades de comunicaciones. A continuación presentamos una serie de apartes que contribuyen en alguna medida a aclarar algunos aspectos relevantes que diferencian a Frame Relay de ATM.

**4. 2. 1 Algunas semejanzas generales entre ATM y FR.** 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 y circuito virtual conmutado SVC. 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.

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.

Adicionalmente, ambas tecnologías están soportadas por grupos de trabajo que incorporan información y esfuerzos provenientes de diversas empresas e investigadores, para contribuir al desarrollo de estándares e innovaciones. En el caso de ATM existe el ATM Forum y, en el caso de Frame Relay, el Frame Relay Forum. Aunque ninguno de ellos es un cuerpo de estándares formalmente establecido, ambos tienen un efecto positivo al permitir que los diversos actores en el desarrollo de las tecnologías se pongan de acuerdo sobre aspectos claves antes de involucrarse en la formalización de estándares.

**4. 2. 2 Algunas diferencias generales entre ATM y FR.** 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.

**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?

Como se dijo anteriormente, 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. 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.

**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 ancha (*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 tramas 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 tramas 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 tramas.
- El retardo de las celdas en cada nodo de la red es inferior al de las tramas porque la mayoría de las arquitecturas de conmutación requieren que se haya recibido la unidad de datos completa (trama 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 las tramas son en promedio de 10 a 100 veces más grandes que las celdas, el retardo acumulado para las tramas 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 las tramas, 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 multimedia (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 encabezado (la información adicional a los datos) puede ser mucho mayor. Cada celda y trama requiere una cantidad similar de bytes de encabezado (unos 5 bytes), pero como una trama puede llegar a tener un tamaño equivalente a 100 celdas, el encabezado 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 tramas. En muchas ocasiones, por ejemplo para transportar datos de redes LAN que usan también tramas, el uso de celdas requiere un proceso de segmentación y reensamblaje que no es requerido en las tramas. Este proceso, aunque simple de realizar, agrega un tiempo de procesamiento adicional para las celdas.

**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 aplicaciones multimedia: Voz, vídeo y medios en tiempo real en general.

**Costos y acceso:** Aunque las altas velocidades de transmisión de ATM lo convierten en una opción con capacidades por encima de las de Frame Relay, los altos costos de los equipos ATM tanto para el acceso a la red como para conmutación han limitado su difusión en los años recientes, en tanto que Frame Relay ha obtenido una parte importante del mercado, en particular, aquellos usuarios que requieren conexiones para la transmisión de datos a velocidades no exageradamente altas.

Sin embargo, el aumento de la demanda y el surgimiento de aplicaciones cada vez más exigentes en recursos (Internet, sistemas multimedia en red, realidad virtual,

etc.) han producido una reducción en el valor de los equipos ATM, por lo que se piensa que en muchos casos sustituirán progresivamente a aquellos para Frame Relay.

Lo que se está presentando actualmente es una convivencia de ambas tecnologías en la que Frame Relay se emplearía a nivel de la última milla o conexión local del usuario y en las redes de baja velocidad (hasta T1) y ATM se emplearía a nivel de la parte central de la red soportando múltiples conexiones Frame Relay.

**Interconexión de redes LAN:** Frame Relay se ha mostrado muy útil en la interconexión de redes LAN (una aplicación con un volumen de negocios muy importante) porque la mayor parte de éstas redes emplean unidades de transmisión de datos de tamaño variable al igual que la trama de Frame Relay, lo que simplifica la transferencia de datos. En el caso de ATM siempre se han achacado problemas para esta transferencia debidos al tamaño fijo de las celdas. Por ejemplo, para transportar una trama Ethernet (64 bytes) se requieren dos celdas ATM de 53 bytes (106 bytes), lo que deja una cantidad de espacio no utilizado. En transmisiones de volúmenes de datos importantes esto significa una gran cantidad de encabezado adicional para celdas que transportan muy pocos datos.

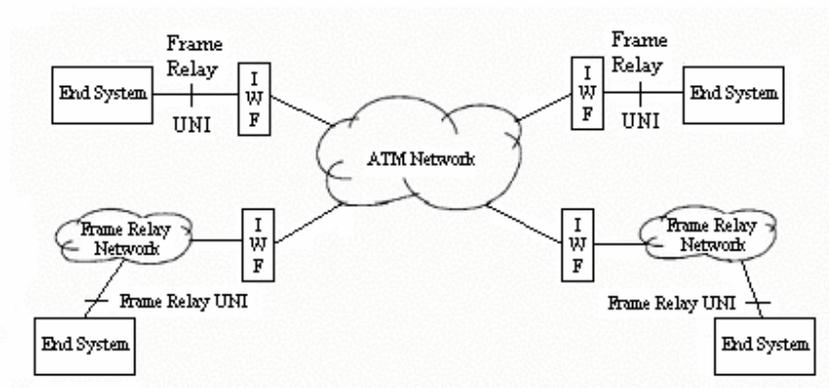
### **4. 3 Escenarios para la interconexión**

Los dos tipos de redes, ATM y Frame Relay, pueden ser interconectadas en configuraciones punto a punto y jerárquicamente, o una combinación de ambas. En la configuración punto a punto, ambas redes, ATM y FR, son redes de acceso conectadas por medio de una interfase que permite grandes anchos de banda donde las estaciones terminales ATM y FR pueden comunicarse entre si y con otras del mismo tipo. En la configuración jerárquica, la red ATM es estrictamente la red de backbone (sin acceso directo a los usuarios finales) que interconecta más de una red Frame Relay por medio de una interfase usuario-red UNI, la cual puede estar basada en ATM o FR, dependiendo de donde tome lugar el protocolo de conversión. Dependiendo de donde deba ser implementada la tecnología ATM, dentro de una red WAN, deben definirse algunas nuevas interfaces de interconexión. Hay dos grandes escenarios: Interconexión de redes e interconexión de servicios.

**4. 3. 1 Interconexión de Redes.** En interconexión de redes el mismo protocolo es usado en cada estación final, pero un protocolo diferente es usado entre ellas. El protocolo de conversión en ambas direcciones toma lugar dentro de la red, y la presencia de algún otro protocolo de red en la mitad resulta transparente al usuario.

La interconexión o interacción de redes sobre ATM utiliza el servicio propio de ATM como el puente de transporte o la interfase entre las computadoras y la aplicación, entre las diferentes islas de redes WAN de una misma tecnología (Frame Relay). La función de interacción (IWF ó Inter-Working Function) es responsable de mapear el tráfico WAN dentro del servicio de transporte ATM. Dos IWFs iguales, uno a cada lado de la red ATM, permiten a los usuarios de la WAN tener acceso al servicio de conexión ATM y enviar sus datos sobre el backbone de ATM, sin conocer el mecanismo de esta red. Una revisión al conjunto de protocolos nos muestra la transparencia de las funciones de interacción IWFs en las redes WAN y en protocolos de capas superiores. En resumen la interacción de redes permite el transporte de tráfico Frame Relay sobre una red ATM (Ver figura 4. 1)

**Figura 4. 1** Interconexión de redes

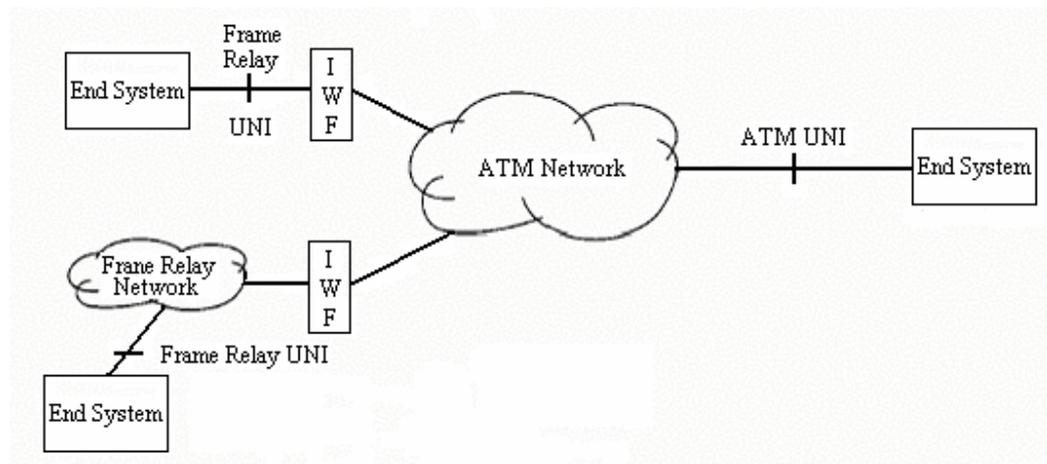


**4. 3. 2 Interconexión de Servicios.** Igual que en las interconexiones de redes, donde los datos encapsulados de las WAN son puenteados sobre la red ATM, la interconexión de los servicios involucra el traslado de los protocolos y la interpretación del lenguaje (semántica) de modo que un nodo terminal de ATM pueda comunicarse con otro nodo terminal, Frame Relay. Cuando se implementa una función de interacción de servicio (SIWF ó Service Inter-Working Function), solamente los datos transportados por la WAN son mapeados dentro de las celdas de ATM. La información del protocolo usado se traslada dentro de la semántica de ATM apropiada. Ninguno de los datos de enrutamiento y control de la WAN, como los encabezados ó la información de manejo y de mantenimiento son transportados sobre la red ATM.

Un terminal de usuario ATM puede comunicarse sin necesidad de conocer que la estación llamada esta conectada a una interfase de WAN diferente; la red interconectada es transparente para el servicio. Las aplicaciones de capas superiores también se interconectan de una tecnología WAN a otra. En algunos casos (por ejemplo en LANS) el encapsulado del tráfico para las capas superiores puede no ser el mismo en ambas redes. La interconexión debe también trasladarse entre los diferentes esquemas de encapsulado de las capas superiores y de los encabezados. Esto hace muy compleja la implementación de las funciones de interconexión del servicio ó SIWFS. Lo anterior se resume en que la

interacción de servicios permite la comunicación entre dos usuarios conectados en equipos terminales ATM y FR. (Ver figura 4. 2)

**Figura 4. 2** Interconexión de servicios



#### 4. 4 Estandarización

Un acuerdo de implementación entre los Forum de ATM y de Frame Relay ha aprobado la interconexión de redes y servicios entre Frame Relay y ATM. La interconexión de redes permite que la información FR entre dos estaciones finales FR sea transportada sobre el backbone ATM. La estación final FR se puede conectar directamente a la red ATM o a una red FR. En cualquier caso el equipo FR en las instalaciones del cliente FR (FR CPE – Customer Premise Equipment) mapea FR sobre ATM. Para este mapeo se requiere una aplicación de las

funciones específicas de FR en la subcapa FR de convergencia del servicio específico (FR-SSCS – FR Service-Specific Convergente Sublayer) junto con la capa de adaptación tipo 5 de ATM (AAL5 – Adaptation Layer type 5). Por otra parte la interconexión de servicios permite que los CPE FR en la red Frame Relay se interconecten de manera transparente con los CPE ATM en una red ATM sin la necesidad de un mapeo hacia el otro protocolo.

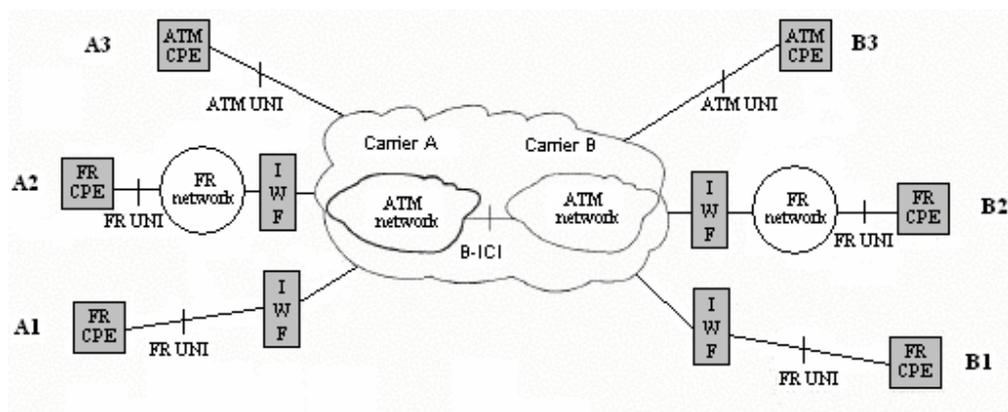
**4. 4. 1 Estandarización para la interconexión de redes.** La función de interconexión FR/ATM (IWF – Interworking Function) se requiere para soportar el transporte del servicio de circuito virtual permanente de FR (PVC FR) a través de una red ATM. El CPE FR puede estar en dos diferentes medios, la red Frame Relay y/o la red ATM. Adicionalmente, la red ATM puede estar compuesta de diferentes redes de transporte. La IWF está compuesta por las recomendaciones I.555 (FR Bearer Service Interworking) y la I.365.1 (FR-SSCS) de la ITU-T. La función de interconexión FR/ATM conocida también como FRF.5 (Función 5 de FR), incluye entre otros aspectos:

- Como transportar las tramas de FR sobre ATM.
- Como mapear los canales de FR dentro de las conexiones virtuales de ATM.
- Diferentes opciones para el traslado de información, con prioridad de descarte.

- Varias opciones para el traslado de información de congestión.
- Como se garantiza la integridad del enlace sobre el dispositivo de interconexión.

La recomendación I.555 de la ITU-T define dos escenarios para la interconexión de redes los cuales cubren seis posibilidades de interconexión. El escenario 1 conecta dos redes o CPE Frame Relay usando la Red Digital de Servicios Integrados de Banda Ancha (B-ISDN) y el escenario 2 conecta una red o CPE Frame Relay con un CPE ATM usando la B-ISDN. La figura 4. 3 muestra las posibles configuraciones de interconexión.

**Figura 4. 3** Configuraciones para la interconexión de redes FR/ATM

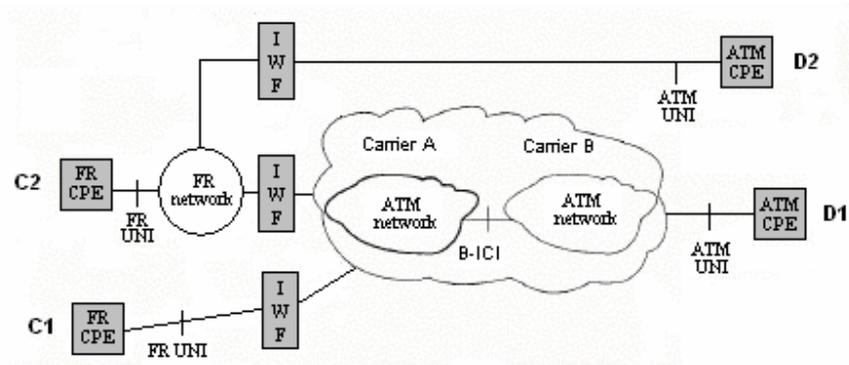


*Nota:* La configuración de referencia A3-B3 (CPE ATM con CPE ATM) no está

contemplada en la recomendación I.555 de la ITU-T.

**4. 4. 2 Estandarización para la Interconexión de Servicios.** Como se mencionó anteriormente la interconexión de redes ocurre cuando un servicio de usuario FR interactúa con un servicio de usuario ATM sin que el rendimiento de los servicios y las funciones específicas de uno afecte a las del otro. Esto permite a los usuarios mezclar equipos FR y ATM a través de sus regiones y construir redes y servicios FR y ATM independientemente del otro. Las dos redes son conectadas por medio de IWFs de manera tal que los equipos FR y ATM no tienen conocimiento del tipo de equipo ubicado en el otro extremo (Ver figura 4. 4).

**Figura 4. 4** Configuración típica de interconexión de servicios FR/ATM



Para este caso ni el CPE ATM ni la IWF implementan el FR-SSCF. La IWF o función de interconexión tiene todos los protocolos de traslación en ambas

direcciones.

El Frame Relay Forum y el ATM Forum, han especificado el FR/ATM Service Interworking Implementation Agreement para cuando los usuarios de servicios de la B-ISDN utilicen los servicios clase C de esta, basados en mensajes de protocolo de la AAL-5 y en la UNI de ATM hacia la red. Esta clase de servicios ofrecen algunas funciones básicas que son que son similares a las funciones fundamentales de FR contenidas en la I.233.1.

Cada una de las tecnologías de operación de redes existentes, tienen sus propios atributos y funciones de protocolo para proveer servicios de red. Algunos ejemplos son los tipos de conmutación, los esquemas de direccionamiento, los mecanismos de control de congestión y algunos otros. Tanto para la interacción de redes como la interacción de servicios, los estándares definen las funciones de interconexión, que como se menciona son un conjunto de definiciones que estandarizan la forma en que en que un dispositivo de multipuerto interconecta redes y realiza el traslado de un servicio a otro.

#### **4. 5 Funciones de Interconexión de redes ATM y FR**

Un dispositivo de conexión necesita trasladar parámetros específicos de servicios y funciones hacia ATM, tomando, las mayores ventajas posibles de las facilidades disponibles en ATM. Una función IWF puede ser implementada dentro de un dispositivo de interconexión o puede ser incorporada en el software y hardware de las centrales de conmutación o de los multiplexores y tarjetas de interfase. Cuando se interconecta con una red existente, la función IWF será implementada en el componente de enrutamiento o de puenteo (Router o Bridge), en un multiplexor de acceso o en un conmutador. Estas funciones IWF pueden ser parte de los enrutadores, puentes, unidades de servicio de datos DSUs y servidores de la red.

La IWF responsable de la conexión de dos redes diferentes es específica del servicio, Frame Relay/ATM para nuestro caso, así como del equipo de interconexión usado para el par de tecnologías en cada caso. Estas funciones de traslado pueden cubrir las siguientes actividades, citadas a continuación.

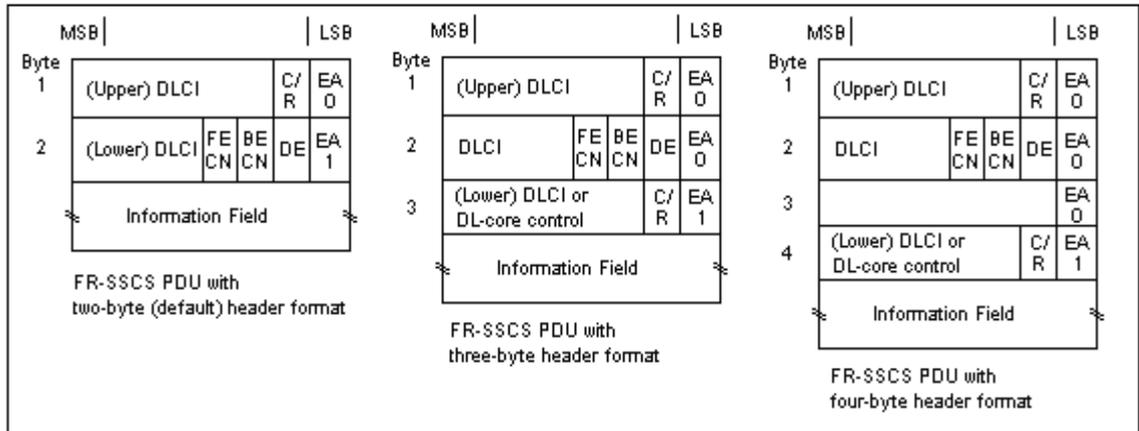
**4. 5. 1 Mapeo del tráfico (PDU de longitud variable).** La tarea principal de la función de interconexión es mapear las tramas de Frame Relay hacia y desde el servicio de transporte ATM. Este mapeo se hace de forma simple: Parte del contenido de la trama de Frame Relay no se necesita, tal como el chequeo de

redundancia cíclica CRC16, y simplemente se lo elimina (el CRC de Frame Relay es redundante porque la capa de adaptación 5 de ATM ó AAL-5 protege su unidad de datos del protocolo (PDU) con su propio CRC).

El mapeo de Frame Relay hacia la subcapa de convergencia de parte común, dentro de la AAL-5, se realiza por una subcapa FR-SSCS ó subcapa de convergencia del servicio específico. La FR-SSCS es mapeada dentro de la unidad de datos del servicio (SDU) de la subcapa común y luego es segmentada usando los procedimientos normales de la AAL-5.

La FR-SSCS utiliza la trama primaria Q.922 después de remover el CRC-16, las banderas y los bits insertados en los campos (Ver Figura 4. 5). Los estándares requieren que los dos bytes en el campo de dirección que vienen por defecto sean soportados con campos de direcciones de tres y cuatro bytes opcionales. Cuando la IWF recibe paquetes fragmentados en un PVC FR, estos son primero reensamblados antes de enviarlos al PVC ATM. En la dirección contraria, la IWF fragmenta las SDU de la subcapa de convergencia de la parte común (CPCS – Common part convergence sublayer), correspondiente a la AAL5, recibidas previamente para enviarlas al PVC FR.

**Figura 4. 5 Estructura de la FR-SSCS PDU**



**4. 5. 2 Detección de errores.** Algunas fallas a probarse en Frame Relay son las tramas abortadas, las tramas cortas, las tramas no alineadas en octetos, las longitudes de dirección incorrectas, y las tramas erradas. En ATM las fallas típicas incluyen los errores de la capa de adaptación de AAL-5, la pérdida de la secuencia de celda, la pérdida de celdas, y los errores de la subcapa de convergencia de la parte común CPCS correspondiente a la capa AAL-5 o los errores de CRC32 (chequeo de redundancia cíclica de 32 bits de la misma subcapa común). Todas las tramas mencionadas deberían ser descartadas por el sistema, y la siguiente trama correcta debería ser enrutada por medio de esa misma ruta.

La IWF utiliza el estándar la CPCS de la AAL5 y la función SAR (segmentación y reensamble). En la capa ATM se utiliza el estándar de estructura de la celda de

53-octetos. La detección de errores para la PDU de la SSCS de FR es hecha por el CRC-32 en la PDU de la CPCS de la AAL5.

**4. 5. 3 Multiplexación de la conexión.** La función de interacción IWF es también responsable del enrutamiento de las tramas transmitidas. En el lado ATM la información es equipada con dos campos para información de enrutamiento: El uno, relacionado con el identificador de conexión del enlace de datos DLCI en la subcapa específica; y el otro, con los indicadores virtuales de la conexión y de la ruta VCI y VPI de cada celda, después de la segmentación. Esta duplicidad marca los dos métodos posibles de mapeo de conexión en la función IWF: multiplexación “uno a uno” ó “varios a uno”.

*La multiplexación uno a uno* mapea cada conexión lógica de Frame Relay mediante el identificador de conexión del enlace de datos (DLCI) dentro de una conexión virtual diferente de ATM. La multiplexación se realiza en la capa ATM usando los VCI/VPIs correspondientes. El valor del identificador DLCI en la unidad de datos de protocolos que tiene la subcapa específica FR-SSCS es ignorado por el equipo de destino, ya que cada enlace lógico se identifica solo con el VC/VP en el encabezado de la celda de ATM. Si no hay valor para este identificador DLCI, se usa el valor 1022 como valor presente en la configuración de los equipos (default).

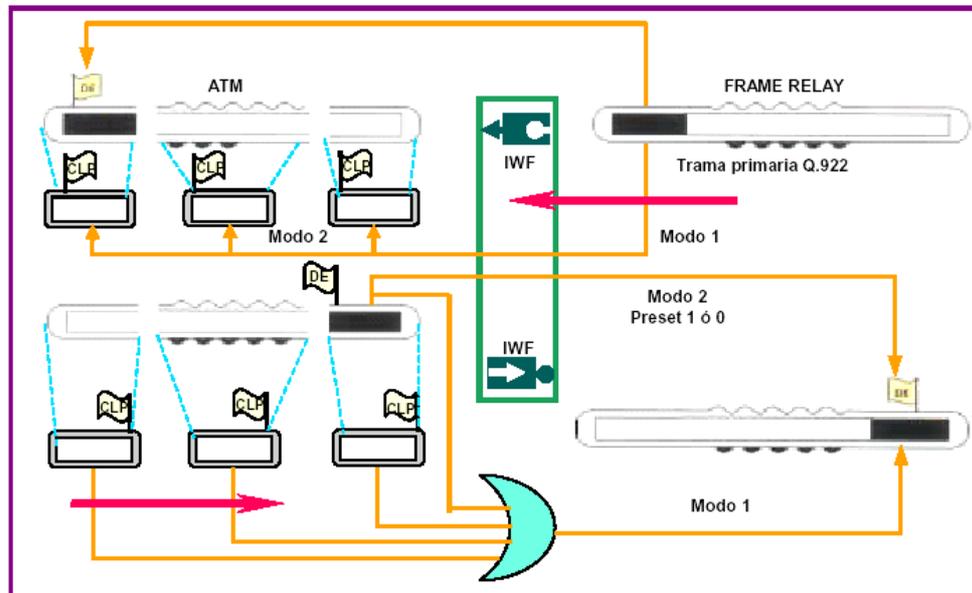
*La multiplexación varios a uno* hace uso del identificador de conexión del enlace de datos DLCI en la subcapa específica de convergencia FR-SSCS, para multiplexar las diferentes conexiones lógicas. Los múltiples flujos de estos indicadores DLCIs son mapeados dentro de una simple conexión virtual de ATM. La comunicación programa a programa (piping) permite la interconexión de diferentes indicadores DLCIs entre dos usuarios, sobre una conexión virtual ATM. Lo cual es posible si todos los canales de DLCI terminan en el mismo lugar y las funciones VC de ATM son como un simple enlace punto a punto. Este esquema de multiplexación varios a uno es importante ya que algunas portadoras tendrán un costo por cada conexión virtual ocupada, de modo que se minimiza el número de las VCs usadas, consiguiéndose una reducción de costos. En este caso, el destinatario necesita examinar el identificador de conexión del enlace de datos DLCI en el contenedor (payload) de la capa de adaptación de ATM (AAL-5), así como las conexiones y rutas virtuales, para demultiplexar totalmente el tráfico.

**4. 5. 4 Indicación de prioridad de pérdida de celda.** Como se expuso anteriormente tanto ATM como Frame Relay, tienen mecanismos de vigilancia para manejar el tráfico que no encuentra la contracción de la tasa de transferencia buscada. La separación de las celdas de ATM con inconformidad, se realiza por medio del Algoritmo Genérico de Tasa de Celda (GCRA). ATM etiqueta las celdas que exceden el límite del tráfico permitido con la prioridad de pérdida de celda

(CLP) correspondiente. Frame Relay tiene un mecanismo similar basado en el algoritmo CIR (Committed Information Rate ó Tasa de Información Ejecutada) que genera el bit de elección de descargo de la celda DE en el encabezado de la trama.

Las unidades interconectadas deben preservar la información sobre la prioridad de descarte y mantener la eficiencia de la red de destino simulando de modo preciso su comportamiento. Reteniendo simplemente la información de la prioridad de descargo se puede descargar, copiando el bit DE del Frame Relay hacia ó desde la trama de la subcapa de convergencia del servicio específico de Frame Relay (FRSSCS). El proceso de elegibilidad de descargo es etiquetado como Modo 2 en la figura 4. 6. Además, mapeando los bits DE de Frame Relay dentro de la prioridad de pérdida de celda, las celdas contendrán tramas marcadas de Frame Relay que serán descargadas primeras si hay congestión. El flujo total de tramas con prioridad alta se incrementará. Está marcado como Modo 1 figura 4. 6.

**Figura 4. 6** Mapeo de la elección de descarte



**4. 5. 5 Indicación de congestión.** Tanto Frame Relay Como ATM permiten un mecanismo para indicar congestión a los dispositivos de la red. Mientras Frame Relay indica congestión en ambos sentidos (bits FECN y BECN: Notificación de Congestión Explícita hacia adelante o hacia atrás), ATM solo indica congestión hacia adelante (Campo EFCI: Indicación de Congestión Explícita hacia Adelante). La figura 4. 7 muestra el mapeo de la información FECN/BECN y EFCI. Hay un caso especial cuando la última celda ATM de la trama recibida tiene una EFCI. Ya que Frame Relay permite congestión hacia atrás, esto activa la notificación BECN en la siguiente subcapa específica de convergencia del servicio (FR-SSCS).

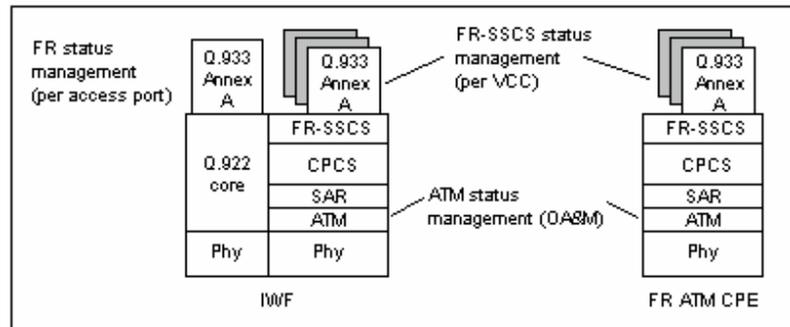


interconectan ATM y Frame Relay, el sistema de manejo de la red de Frame Relay sigue usándose pero, en lugar del sondeo, la información del estado del canal virtual de ATM es mapeado directamente en la tabla de estados del enlace correspondiente, de esta manera las funciones de sondeo son “evadidas” por la función de interacción IWF.

La gestión de las capas ATM y FR.-SSCS, operan independientemente. Los procedimientos de gestión del estado de los PVC FR con transportados de manera transparente sobre la capa ATM hacia la FR-SSCS. Sin embargo, la información sobre la integridad del enlace obtenida mediante las celdas OAM-F5 son llevadas a Q.933 Anexo A. Este procedimiento esta descrito en la recomendación ITU-T Q.933Anexo A.

La figura 4. 8 ilustra la pila de protocolo para la gestión del estado del PVC FR en el CPE ATM y la IWF. En FR se utiliza el DLCI=0 para intercambiar el estado del PVC entre la IWF y/o CPE ATM, emulando FR. En la red ATM este DLCI puede ser transportado como un VCC ATM separado. La gestión de los PVC(s) para FR. La gestión de los PVCs FR para las UNIs FR y las NNI en la red de interconexión FR/ATM permanece igual a una red FR pura.

**Figura 4. 8** Pila de protocolo para la gestión del estado del PVC



#### 4. 6 Requerimientos de prueba para la interconexión

Una nueva función de interacción de redes requiere varios tipos de pruebas, desde la ingeniería de Investigación y Desarrollo hasta el producto instalado. En el laboratorio se simulan las funciones de interconexión y se observan los resultados. Al evaluar una función específica no solo se prueba su operación sino que se facilita la optimización de los algoritmos relacionados.

Después de completado el desarrollo, las funciones de interacción se integran a los enrutadores, conmutadores y otros productos. Se debe verificar que no se afecta la funcionalidad de los productos existentes. Este largo procedimiento se conoce como "Pruebas de Regresión", y debe repetirse cada vez que se incorpore una nueva versión de un producto. Para esto es preferible un ambiente de pruebas

programable.

El control de calidad no debe verificar solo la correcta operación, sino cuantificar la confiabilidad y el desempeño de los nuevos productos. La confiabilidad se establece con pruebas que determinan la capacidad de respuesta de los equipos evaluados, sometidos al manejo de tráfico errático, para lo cual los equipos de prueba deben generar tráfico normal ó anormal. Las pruebas del desempeño verifican los límites del equipo bajo prueba al operar en condiciones extremas. Para probar su integridad, los equipos de prueba deben generar tráfico real. Este tráfico real se captura del sistema y se lo reproduce, con su representación estadística.

Los proveedores de los servicios realizan las pruebas de aceptación para comprobar la operación de los nuevos equipos. Tales pruebas verifican la conformidad con las normas y la interoperabilidad con otros proveedores de equipos, dando lugar a las llamadas “pruebas de compatibilidad y de validación”. Además, un proveedor de servicio debe disponer de su “calidad del servicio” especificada en los contratos con sus usuarios. Este parámetro de calidad del servicio se define por parámetros cuantificables que deben medirse no solamente en determinados elementos de las redes, sino en toda su extensión. Siendo posible objetivamente medir el desempeño de la red, como una consideración

clave para la satisfacción de los usuarios y el control del proveedor del servicio.

**4. 6. 1 Prueba del mapeo de la prioridad de descargo.** La base de todo manejo de tráfico ATM es el etiquetamiento de las celdas de no conformidad. Como se indicó, se pueden implementar dos modos para trasladar el etiquetado entre el bit de prioridad de pérdida de la celda CLP de ATM y el bit de elección de descargo DE de Frame Relay. Los factores indicados en la tabla 4. 1 pueden ayudar a definir el inicio de una prueba para verificar la función de mapeo de ATM a Frame Relay, cuando se usa el modo 1 de Mapeo de la Prioridad de Descargo.

**Tabla 4. 1** Pruebas de mapeo de la prioridad de descargo

<i>Estímulo</i>	<i>Respuesta</i>	<i>Esfuerzos</i>	<i>Influencias</i>	<i>Medidas</i>
Bit CLP en la menos una celda del grupo de la FR-SSCS	Bit DE del grupo de la trama de Frame Relay para congestión	Número de celdas con el grupo de CLP para traslado de FR-SSCS	Número de otros canales virtuales con CLP a DE	Número de traslados exitosos
		Posición de la celda con CLP (relacionada a la trama FR-SSCS)	Total del tráfico de baja prioridad (background)	Retardo entre el CLP recibido y el DE generado
		Longitud de las tramas segmentadas		Retardo para reposición del bit DE

CLP = Bit de Prioridad de Pérdida de la Celda  
FR-SSCS = Subcapa de convergencia del Servicio Especifico para Frame Relay  
DE = Bit de Elección de Descargo

Generalmente, los resultados de las pruebas son más significativos cuando el sistema bajo prueba está moderadamente ocupado. Esto se puede lograr

cargando el sistema con tráfico de baja prioridad (background), así como con el tráfico de prueba que se usa para las mediciones. Sin embargo, el arreglo de las pruebas no intenta verificar los mecanismos de vigilancia, de modo que el tráfico de background debería estar siempre dentro de los límites permitidos.

Eventos con estímulos diferentes pueden tener lugar en una secuencia de pruebas. Mientras más forzado es el sistema habrá mayor retardo antes de que la celda aparezca con el bit de prioridad de pérdida CPL activado o menor sea la trama FR-SSCS. El desempeño del traslado del bit CLP hacia el bit DE puede probarse aplicando algunos casos extremos.

Igualadores de patrones del receptor pueden contar eventos en ambos lados de la unidad de interacción IWU. Los contadores se igualarán si todos los cambios del bit DE realmente ocurren. Variando la carga de tráfico de background o el patrón de distribución del canal de avance se puede forzar la función de mapeo de la prioridad de descarga hasta que los contadores se desigualen. El tráfico capturado puede entonces ser examinado para determinar la causa del error. ¿Fue mapeado el bit CLP dentro de la trama siguiente, o hubo un retardo? Los retardos pueden ser determinados examinando las marcas de tiempo.

**4. 6. 2 Pruebas de desempeño.** De la interacción de las redes son temas importantes ya que cuantifican lo bien que los datos son manejados. El resultado final de la llamada de datos (Throughput), definido como el número de unidades de datos del protocolo de Frame Relay exitosamente transferidas, es un importante valor que describe la capacidad de manejo de la trama. La demora de los datos en un puente o en un enrutador, conocida como latencia, provoca el retardo en la transferencia de las tramas y es otro parámetro del desempeño.

La porción de Frame Relay puede ser implementada en una tarjeta de interfase. De igual forma sucede con ATM, con la conexión hecha sobre un bus de alta velocidad (backplane). A diferencia de una simple tecnología de conmutación, esta arquitectura es altamente asimétrica y el resultado final de la llamada de datos throughput puede diferir significativamente dependiendo de con que dirección cruza el tráfico la unidad de interacción IWU (de ATM a Frame Relay o viceversa).

Las pruebas de retomo de lazo no pueden identificar la causa de los problemas ya que ellas resultan del traslado en ambos sentidos (FR hacia ATM y viceversa). Un equipo de prueba de interacción de redes debería ser capaz de generar tráfico en el lado de ATM del sistema bajo prueba y analizar el lado de Frame Relay (y viceversa). El generador de tráfico y el analizador necesitan estar correlacionados, y ofrecer una decodificación total para comparar fácilmente los mensajes de tráfico

recibido y transmitido. La sincronización es muy importante, especialmente cuando se analizan retardos de tránsito.

**4. 6. 3 Prueba de la capacidad de manejo de la trama.** La tarea de usar una tabla de traslados (Look-Up Table), para mapear cada trama recibida dentro de una subcapa de convergencia FR-SSCS, es hecha por los procesadores. Estos procesadores pueden representar un número finito de estas tablas por intervalos de tiempo. Las pruebas de desempeño deberían determinar el límite del rendimiento de la trama. Hay dos parámetros que manejan la tasa de mapeo de las tablas de traslado: la longitud de la trama y la cantidad de tráfico (porcentaje del ancho de banda total).

Para probar la capacidad de manejo de la trama de una IWU ó unidad de interconexión, se envían tramas cortas al final del tráfico de background y se cuentan las tramas salientes, así como las tramas entrantes al receptor. Los límites en la capacidad de manejo de las tramas dentro de las unidades IWU pueden encontrarse variando la carga del background y la longitud del disparo hasta que haya un acoplamiento entre los dos contadores.

**4. 6. 4 Prueba de buffers.** Las memorias temporales o buffers, son construidas dentro del sistema bajo prueba para almacenar las tramas entrantes. Están

habilitados para capturar la trama más larga permitida. Enviando un disparo de tramas largas intercaladas con algunas tramas cortas se puede probar el algoritmo de asignación del buffer. Muchas tramas cortas prueban la velocidad y la confiabilidad de esta asignación, mientras que las tramas largas prueban la habilidad del algoritmo para cubrir la limitación física de memoria.

**4. 6. 5 Prueba de sincronización del receptor.** El byte de sincronización de Frame Relay es identificado por banderas entre las tramas. Enviar tramas con el tiempo mínimo entre ellas, o sea una bandera, obliga al mecanismo de sincronización. ATM se sincroniza en el cálculo del encabezado de control de error HEC. Insertar errores HEC y variar su cantidad fuerza la sincronización de la celda.

**4. 6. 6 Prueba de desempeño del backplane.** Las tarjetas de interfase de ATM y Frame Relay se conectan algunas veces a un bus de alta velocidad o backplane. Todo el tráfico que interactúa entre una red y otra viaja sobre el backplane. El desempeño de las unidades de interconexión IWUs es por lo tanto dependiente del tráfico que atraviesa este bus. El backplane tiene que ser cargado con el tráfico cruzado mientras se mide el throughput y la latencia para determinar el comportamiento del dispositivo bajo prueba. Para emular realmente el ambiente de la red y la carga del backplane, todos los puertos físicos deberían estar cargados con fuentes de tráfico independientes y no correlacionadas, que carguen

a diferentes canales virtuales con diferentes características de distribución. Una forma de reducir el número de generadores físicos es hacer una prueba de diagnóstico tipo Loop Back, en la que se envía tráfico a través del medio, con un lazo cerrado, mientras se espera su retorno. Pero este tráfico en el lazo es correlacionado.

**4. 6. 7 Perfiles de tráfico.** El comportamiento de las unidades de interacción de redes IWUs depende de algunas variables:

1. *Ráfagas de tráfico.*
2. *Promedio de la longitud de la trama.*
3. *Porcentaje del ancho de banda total.*
4. *Número de canales virtuales activos.*
5. *Porcentaje de carga del backbone.*

Para probar el comportamiento en el mundo real de una IWU, un generador de tráfico debería habilitarse para generar un tráfico muy real. El generador permite el control de los perfiles de tráfico. Los parámetros exactos que definen las pruebas son independientes del equipo bajo prueba y de los servicios que se esperan implementar sobre el dispositivo. Por ejemplo, una IWU conectada entre redes públicas de Frame Relay y de ATM trasladará más canales con identificadores de conexión (DLCIs) que un equipo conectado a pocos enlaces de FR con la red ATM.

**4. 6. 8 Pruebas de servicio en una red.** El equipo de prueba es esencial para ayudar a corregir problemas (debug) y para verificar nuevos enlaces relacionados con una función de interacción. Una forma común para identificar las conexiones extremo a extremo es enviar un mensaje "ping" desde una estación (o probador) en un extremo del enlace a otra estación de trabajo (o probador) en el otro extremo.

Un mensaje ping, definido como ICMP (Protocolo de Mensaje de Control de Internet), es enviado por un usuario TCP/IP a un destino definido por la dirección del IP. Si la estación de destino recibe este mensaje eco de pedido, formula una respuesta eco y la envía de retorno a su origen. Si no se recibe una respuesta ping, el mensaje de pedido ping necesita ser rastreado para ver en dónde fue extraviado. Pero no solamente la corrección de estos problemas (debugging) puede ser ejecutada de esta manera. Las mediciones del rendimiento del servicio tales como retardos de transferencia para una aplicación TCP pueden ser medidas en cada segmento de una red. El sistema de prueba al chequear el mensaje ping debe ser capaz de decodificar el mensaje ICMP en cada conjunto de protocolos involucrado. Cuando la red interactúa, implica que el probador necesita estar habilitado para hacer correlaciones de tiempo en los diferentes puntos de acceso y sobre cada juego de protocolos implementado.

## 5. TEMAS ABIERTOS DE INTERCONEXIÓN ATM Y FRAME RELAY

Existen en la actualidad trabajos que todavía necesitan ser concretados por los creadores de los estándares para la interconexión ATM y Frame Relay. Estos son los temas abiertos que se proponen a continuación, donde la búsqueda de su estandarización será el próximo paso en la evolución de la interacción FR/ATM.

### 5. 1 Interacción de SVC

Hasta ahora los esfuerzos realizados por los creadores de los estándares para la interconexión de redes Frame Relay y ATM, se han concentrado en su interacción por medio de servicios PVC en ambas tecnologías. A pesar de que en los estándares para Frame Relay se han definido y aprobado las especificaciones para la implementación de UNI SVC, hoy en día el servicio SVC no es ofertado por la mayoría de los proveedores o “carriers”<sup>5</sup>; estos únicamente ofrecen conectividad vía PVC. Por el otro lado, el ATM Forum ha definido las especificaciones para la UNI SVC en sus versiones 3.1 y 4.0. Pero actualmente no

---

<sup>5</sup> DIXIT, Sudhir y ELBY, Stuart. Frame Relay and ATM Interworking. New York: IEEE Communications Magazine, 1996. p. 12

existen normativas de cómo la señalización SVC tanto de Frame Relay como de ATM deben interactuar en la IWF. De todas formas si han de implementarse redes híbridas PVC/SVC o SVC es necesario que las tablas de enrutamiento de las IWF traduzcan direcciones Q.933 a E.164 o NSAP de manera dinámica y esto puede llegar a ser un procedimiento complejo. Un ejemplo de interacción de redes conmutadas es el traslado de los parámetros del enlace desde la tasa de información ejecutada (CIR), en el lado de Frame Relay, hacia la variación del retardo de la celda, hacia la tasa de celda sostenible y hacia la tasa pico de la celda. En el lado de ATM. Se hace necesaria una estandarización más explícita en este campo por parte de los Foros encargados de dichos estudios.

Se dice que el éxito global de la interacción de Frame Relay con ATM dependerá de una óptima definición de la interconexión FR/ATM SVC.

## **5. 2 Ingeniería de tráfico**

Las actuales recomendaciones de interacción por parte del Frame Relay Forum y el ATM Forum, proveen guías muy útiles para el mapeo de FR PVCs dentro de ATM PVCs. Dichas guías especifican diversas opciones para mapear los distintos

parámetros de desempeño de un enlace Frame Relay, tales como CIR, Bc y Be dentro de los parámetros ATM PVC para servicios VBR, los cuales son PCR, SCR y MBS. Empleándose esta metodología, el mapeo se estaría realizando en cada VC del otro lado de la IWF. Pero la otra opción que se recomienda y está en proceso de estudio, es hacer que múltiples FR PVCs converjan a un mismo ATM VP haciendo el mapeo del tráfico a nivel de VP de forma global, a diferencia del método anterior uno a uno, esta técnica provocaría una mejora considerable en el desempeño de la red (sobre todo cuando se tienen muchos DLCI), ya que se “descarga” de trabajo a los switches ATM y se ahorra en procesamiento. También esta práctica genera ventajas en los costos de OAM y en su complejidad, ya que VCCs de manera individual deben ser administrados. Muchos proveedores de equipos, carriers y el ATM Forum; están promoviendo el uso de la integración de canales virtuales Frame Relay en trayectorias virtuales (VP) y el mapeo de los parámetros de tráfico a nivel de estas. Se espera que esta nueva técnica sea acogida y que se generen, guías informativas al igual que para el procedimiento DLCI –a- VCI que actualmente se esta empleando.

### 5.3 Gestión del tráfico

Como se describió anteriormente, Frame Relay especifica un método sofisticado para el manejo de la congestión en tiempo real, basado en un mecanismo de control de flujo hacia delante y hacia atrás (FECN y BECN). El ATM Forum por su parte ha especificado un nuevo procedimiento para el control de congestión basado en la tasa de transferencia especificada (Available Bit Rate). Ninguna de las especificaciones para estos métodos en ambas tecnologías, sugieren el tema de la interacción de los mecanismos de control de flujo para ATM con los existentes en Frame Relay, es decir son totalmente independientes<sup>6</sup>. Se puede ilustrar el problema de correr los dos mecanismos de manera independiente, por medio del siguiente ejemplo: Considere una estación de trabajo ligada a una red Frame Relay enviando datos a una estación ATM a través de una IWF. El mecanismo de control de congestión observará a la IWF como su nodo receptor, y por su parte, el mecanismo de ATM verá la IWF como su nodo emisor. Si ocurre congestión en el lado ATM, el mecanismo de control de congestión en Frame Relay simplemente no la considerará, porque él observa que las tramas están siendo entregadas a la IWF. Por el otro lado, si en el lado Frame Relay ocurre congestión, el mecanismo de control en ATM ignoraría dicho evento, diciendo que

---

<sup>6</sup> DIXIT, Sudhir y ELBY, Stuart. Frame Relay and ATM Interworking. New York: IEEE Communications Magazine, 1996. p. 13

las celdas todavía no están congestionando la red. El resultado total de esto es que si la congestión ocurre en el lado ATM la IWF se saturará y se perderán los datos en ella. Si los datos viajan en la dirección opuesta, y hay congestión en el lado Frame Relay, la IWF se saturará de celdas y finalmente se perderá la información. Sin un medio explícito de interacción de los dos mecanismos de control de congestión de las dos redes, la congestión tenderá a migrar hacia la IWF, donde habrá una excesiva pérdida de tramas o celdas. Una especificación para la interacción del control de congestión, es imperativa para el éxito a largo plazo de las interconexiones Frame Relay - ATM.

#### **5. 4 Resolución de direcciones**

Los estándares definidos en el tópico de la resolución de direcciones IP para FR/ATM en interacción de servicios, son una pieza clave para la integridad en la transmisión de información en la actualidad, ya que ambas tecnologías, ATM y Frame Relay juegan un papel importante en la Internet. Se asume que para el mapeo del FR ARP y ATM ARP, ambos deben usar direcciones tipo E.164. El ATM Forum ha definido cuatro tipos de direcciones para dispositivos terminales ATM llamado AESA y son: E.164 y tres estilos NSAP que incluyen E.164

encapsulado, IDC y DCC. No existe un requerimiento especial que obligue a usar en específico un tipo de AESA, cada AESA puede ser usado. Lo que esto implica es que cada dirección IP debe ir asociada a un tipo de AESA, además, cada estación de trabajo IP que se encuentre detrás de un router o conmutador de paquetes que soporte trayectos alternativos dentro de redes públicas ATM, debe tener sus direcciones IP asociadas con algún tipo de AESA. Por esto, los procesos de mapeo FR/ATM ARP deben soportar múltiples tipos de direcciones y entradas de cualquier dirección IP. Actualmente, la implementación de esto es dejado en las manos del fabricante y la interoperabilidad entre vendedores no existe. Como se dijo, ATM y Frame Relay tienen un importante rol en la Internet, el tema de la resolución de direcciones debe ser resuelto para favorecer la interoperabilidad entre distintos fabricantes de equipos de redes y diferentes dominios administrativos de redes.

## **5. 5 Gestión de la red**

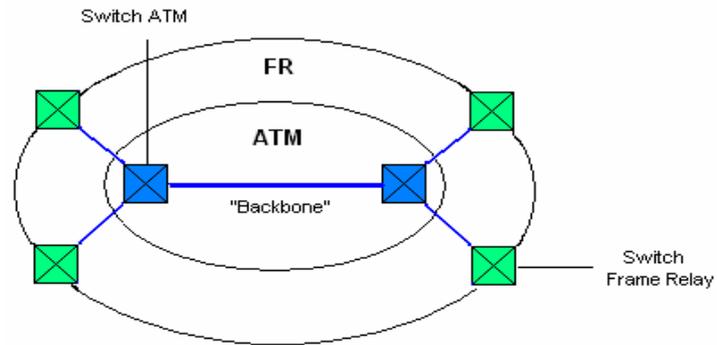
Típicamente, las redes de datos son administradas por interfaces de gestión de redes del propietario o interfaces abiertas (SNMP, CMISE, CMIP) con bases de datos específicas para la tecnología. Por ejemplo el IETF en el RFC 1604 y el

FRF.8 especifican lo que se conoce como SNMP para elementos de red Frame Relay, y las especificaciones del ATM Forum Network Management M4, determinan la interfase CMIP para integrar elementos de red - a - sistemas de gestión de redes ATM. Estas tecnologías pueden ser adecuadas para las necesidades que hoy se tienen en los servicios específicos de las redes de datos, pero demuestran ser inefectivos en la gestión extremo a extremo en redes de múltiples dominios tales como una infraestructura de interacción Frame Relay y ATM. Por ejemplo, si se desea administrar un servicio PVC FR/ATM extremo a extremo, se hace necesario que el sistema de gestión entienda el mapeo del tráfico DLCI a VCI. Desafortunadamente, hoy en día no se cuenta con un sistema de gestión capaz de hacer tal función. Los organismos encargados de realizar la estandarización de estos sistemas de gestión deben llegar a un común acuerdo entre fabricantes, para así realizar óptimas traslaciones en las funciones de interacción y así garantizar una optimización en las infraestructuras de redes Frame Relay-ATM.

## 6. EVOLUCIÓN DE LA INTERCONEXIÓN ATM Y FRAME RELAY

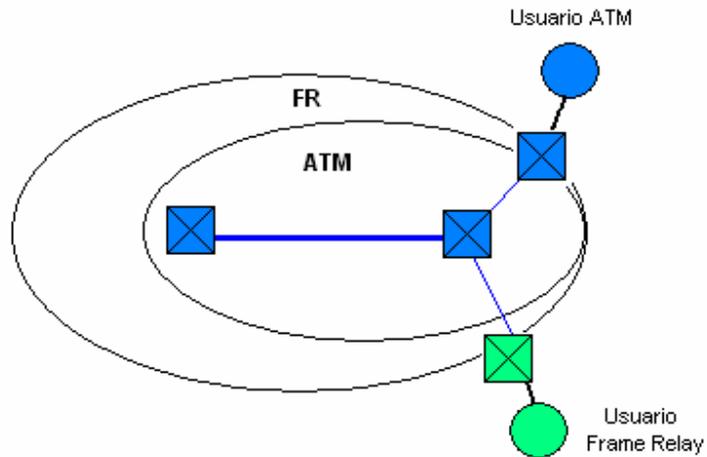
La interconexión de ATM y Frame Relay se desarrollará a través de varias fases. La primera fase consiste en el empleo de ATM como la tecnología principal de backbone o columna vertebral, que interconectará conmutadores Frame Relay entre sí. Esta columna vertebral será de alta capacidad y bajo costo operativo, según las prestaciones y ventajas de calidad de servicio que ofrece ATM a sus suscriptores. La arquitectura de hoy en día en las redes Frame Relay, consiste en mallas de switches con troncales inter-switches a velocidades DS-1. Con el aumento del tamaño de dichas mallas y el incremento en las necesidades de ancho de banda de los usuarios hasta más allá de DS-1, los costos de operación y mantenimiento de las mallas inter-oficina serán abrumadores. Introduciendo switches ATM de acuerdo al número de tandems Frame Relay, mejoraría la situación dramáticamente, ofreciendo troncales con velocidades superiores a DS-1 (DS-3 u OC-3) entre nodos Frame Relay y esto traería como consecuencia el desuso de las complicadas mallas, por el de una o varias troncales o backbones ATM facilitando así una topología en estrella. En esta arquitectura, ATM es simplemente un puente entre los nodos Frame Relay o bien sea redes, y esto sería transparente para los usuarios finales. Ver figura 6.1 a continuación.

**Figura 6. 1 Primera Fase**



La segunda fase en la evolución de la interconexión FR/ATM verá a ambas tecnologías como redes pares. En esta fase los nodos ATM soportarán servicios directamente de nodos de suscriptores ATM y al mismo tiempo funcionarán como la columna vertebral o *backbone* para los nodos Frame Relay. Esto nos obliga a pensar de que un único proveedor de servicios de redes telemáticas poseerá ambas clases de redes o tecnologías FR y ATM. Es posible y con gran probabilidad, que se requiera la necesidad de comunicación entre un suscriptor ATM y uno Frame Relay en cualquier escenario, esto conllevaría a usar interacción de servicios entre los dos protocolos ATM/FR. Esta fase se puede entender mejor analizando la figura 6. 2 a continuación, donde vemos que el óvalo de ATM se extiende hacia la derecha e integra nodos Frame Relay con ATM.

**Figura 6. 2 Segunda Fase**

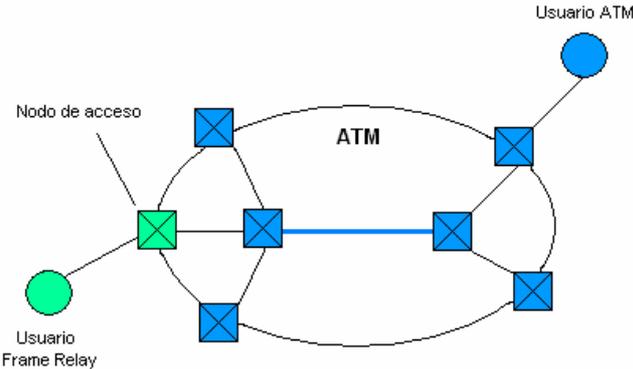


La tercera fase de la evolución de la interacción ATM/FR será generada por los siguientes dos factores: El retiro del legado de los equipos de redes Frame Relay y su reemplazo por los equipos ATM con mayor relación costo-beneficio y el surgimiento de nuevas aplicaciones que puedan tener un soporte adecuado en las características de QoS que solamente ATM podría brindarle.

En esta fase Frame Relay toma el papel de una tecnología de acceso más que una red par, como la anterior fase. Esto quiere decir que Frame Relay será una de las tantas tecnologías de acceso las cuáles también incluyen líneas privadas (DS-1, DS-3, OC-3) y acceso por discado. Mucha de la funcionalidad de Frame Relay residirá en los módulos de las interfaces de equipos de conmutación ATM y los nodos de conmutación Frame Relay tendrán un rol más de agregación de tráfico

que de conmutación de paquetes (Ver figura 6. 3).

**Figura 6. 3 Tercera Fase**



## CONCLUSIONES

ATM y Frame Relay coexistirán por muchos años por ser dos tecnologías que se complementan mutuamente, especialmente cuando un antiguo usuario de Frame Relay desee conectar su red con la WAN sin cambiar sus equipos, en los cuales ya ha hecho una inversión. Igualmente se puede resaltar en este punto que ATM es una tecnología costosa frente a Frame Relay, lo que hace que su uso se restrinja a operadores de telecomunicaciones mientras que los clientes finales, cuyo negocio no son las comunicaciones, manejan tecnologías como Frame Relay para su acceso a la red.

El proceso de interconectar estas dos tecnologías se enmarca dentro de dos posibles escenarios, la interconexión de redes y la interconexión de servicios. En el primer escenario, interconexión de redes, se emplea ATM como la tecnología de backbone para interconectar dos equipos terminales FR, mientras que en la segunda, interconexión de servicios, el objetivo es conectar dos equipos terminales que manejan tecnologías diferentes, en este caso, FR y ATM.

La implementación de esta interconexión se fundamenta en los estándares que definen una serie de funciones, denominadas IWF (Interworking Functions), que van a permitir la interacción de ambas tecnologías por medio de un mecanismo que consiste básicamente en que ATM emule FR para poder montar este tipo de tráfico sobre sus redes. Entre estas funciones destacamos: Mapeo del tráfico, detección de errores, multiplexación de la conexión, indicación de prioridad de descargo. Una vez establecida la interconexión, se deben considerar una serie de pruebas que van a establecer la calidad de servicio de este nuevo enlace. Estas pruebas permiten, entre otras cosas: Cuantificar lo bien que los datos son manejados, verificar la capacidad de manejo de la trama, revisar la sincronización y comprobar que exista conexión entre los puntos que se desea interconectar. Lo anterior define las consideraciones que se deben tener para lograr una interconexión exitosa.

Finalmente resaltamos que a pesar de que se ha alcanzado un alto nivel de estandarización y que ya se implementa este tipo de interconexión, la lucha de intereses entre fabricantes, operadores, carriers y demás prestadores de servicios de comunicaciones, además de la inconformidad de algunos proveedores, no ha permitido un desarrollo total de esta tecnología, por lo que quedan pendientes algunos temas como: interacción de SVC, ingeniería de tráfico, gestión de tráfico, resolución de direcciones y gestión de red. Todo lo anterior es una muestra del

panorama en que se ubica esta tecnología y muestra como aún quedan muchos aspectos por desarrollar para alcanzar un nivel óptimo y maduro en este tipo de soluciones.

Considerando que los operadores más adelantados ya ofrecen servicios de interconexión FR/ATM, es importante que las instituciones educativas como la UTB, preparen a sus futuros profesionales y fomenten el interés por el tema, especialmente en lo que a configuración de equipos se trata. La universidad puede, en sus programas de pregrado y cursos afines, introducir el tema como contenido de las materias y realizar prácticas de configuración de equipos, utilizando simuladores, los cuales son muy comunes en el ámbito educativo. Lo anterior permite visualizar más claramente la forma como se aplica la función de interconexión, pues durante la configuración de un equipo de conmutación que permite montar FR sobre ATM, se determinan entre otras cosas, la forma y delimitación de tramas o celdas, la especificación de la “elección de descartes” y prioridad de pérdida de la celda, así como el envío o recepción de indicaciones de congestión y conversión de los Data Link Connection Identifier (DLCI) de Frame Relay a los Virtual Path Identifier / Virtual Circuit Identifier (VPI/VCI) de ATM.

## 8. BIBLIOGRAFIA

BLACK y UYLESS. Tecnologías emergentes para redes de computadoras. 2 ed. México D. F: Prentice Hall, 1999. 480 p. De esta fuente bibliográfica se extrajeron conceptos básicos de las tecnologías Frame Relay y ATM, características de la señalización y aspectos de su funcionamiento; empleada primordialmente en los capítulos 2 y 3.

CISCO SYSTEMS. Guía del segundo año CCNA 3 y 4. 3 ed. Madrid: Pearson educación S. A, 2004. 944 p. Esta fuente se empleó primordialmente para citar y complementar aspectos históricos de las tecnologías Frame Relay y ATM, se empleó básicamente en la introducción y los capítulos 2 y 3.

DIXIT, Sudhir y ELBY, Stuart. Frame Relay and ATM Interworking. New York: IEEE Communications Magazine, 1996. 15 p. Contiene los fundamentos básicos de la interconexión ATM y FR, y organiza el proceso de la interconexión en varios apartes como los escenarios donde se presenta, las funciones que permiten su implementación y los requerimientos que esta demanda. Este documento fue además una guía fundamental para el desarrollo de esta monografía, dando una idea de cuales eran los temas básicos a tratar en busca de definir de la manera mas completa el proceso de interconexión de redes ATM y FR, que es el tema central de nuestra investigación.

FEIT y SIDNIE. Wide Area High Speed Networks. Estados Unidos: MacMillan Technical Publishing, 1999. 598 p. Este documento define la importancia de ATM y FR como tecnologías en las que se basan las redes WAN actuales, y como estas permiten que dichas redes se cataloguen como redes de alta velocidad, permitiendo un gran tráfico de información y constituyéndose como la base tecnológica para las redes geográficamente amplias. Además contiene información útil en la definición de las características fundamentales de ATM y FR, que permiten comprenderlas e identificar los parámetros que definen a cada una y que se utilizan para la configuración de los equipos con los que se implementan estas tecnologías

USBECK WANDEMBERG, Carlos. Introducción a Frame Relay. Ecuador: Complementos electrónicos S. A, 1998. 17 p. Este documento fue una pieza clave en la elaboración del capítulo concerniente a Frame Relay, la mayoría de los conceptos básicos y aspectos históricos tratados de dicha tecnología fueron extraídos de él.

USBECK WANDEMBERG, Carlos. Interacción de redes WAN con ATM. Ecuador: Complementos electrónicos S. A, 1998. 14 p. Este documento se empleó vitalmente para reforzar y complementar conceptos en lo concerniente al capítulo 4 de interacción FR/ATM, de él se extrajeron también los diversos requerimientos y pruebas que se deben tener en cuenta para la obtención de una óptima interacción entre dichas tecnologías.