

# FRAME RELAY

## 1. Introducción

Gracias a los esfuerzos principalmente del Frame Relay Forum y compañías tales como Cisco, Digital Corp. y otras así como organismos ANSI y la ITU, frame relay se ha convertido en una de las soluciones más adecuadas para la interconexión de LANs. Frame relay fue inicialmente concebido como un protocolo para utilizar sobre interfaces RDSI y como sucesor a los servicios basados en líneas dedicadas (T1 en EEUU y E1 en Europa). Las propuestas iniciales fueron entregadas por el Sector de Estandarización de la ITU-T (International Telecommunication Union - Sector Telecommunication formalmente el CCITT (Comité Consultivo Internacional Telegráfico y Telefónico) en 1984. Ya a principios de los 90 se entregan soluciones para un servicio de datos multiplexados que permite la conectividad entre el equipo del usuario y equipos de red (p.e. switches). El trabajo sobre Frame Relay fue también tomado por ANSI (American National Standards Institute) acreditado por el comité de estándares T1S1 en los Estados Unidos. Debido al auge del número de dispositivos que incorporan las tecnologías de conmutación X.25 , Frame Relay y RDSI en una misma “caja” (**FRAD: Multiprotocol Frame Relay Access Devices**), el número de usuarios de esta tecnología ha crecido enormemente. Actualmente se especifica en el estándar ITU-T I.233.

## 2. Tecnología

Frame Relay permite comunicaciones de datos por conmutación de paquetes a través del interface entre dispositivos de usuario (por ejemplo routers, bridges y hosts) y equipos de red (por ejemplo los nodos de conmutación). Los dispositivos de usuario generalmente se conocen como **equipos terminales de datos (DTE)**, mientras los equipos de la red, que hacen de interfaces con los DTEs, se les conoce como **equipos de terminación del circuito de datos (DCE)**. A esta interface se le denomina **FRI: Frame Relay Interface**. Este interface esta basado en la estructura de la trama LAP-D del canal D de señalización de la RDSI.

La red que soporta el interface frame relay puede ser o una red pública/privada por portadora o una red de equipos de propiedad del usuario sirviendo a la empresa. Generalmente se hace uso de una operadora que disponga de dicho servicio por cuestiones prácticas.

El término “Relay” implica que la trama de datos de la capa 2 es conmutada en los nodos y/o procesada en los puntos extremos de cada enlace de red (ver figura 1).

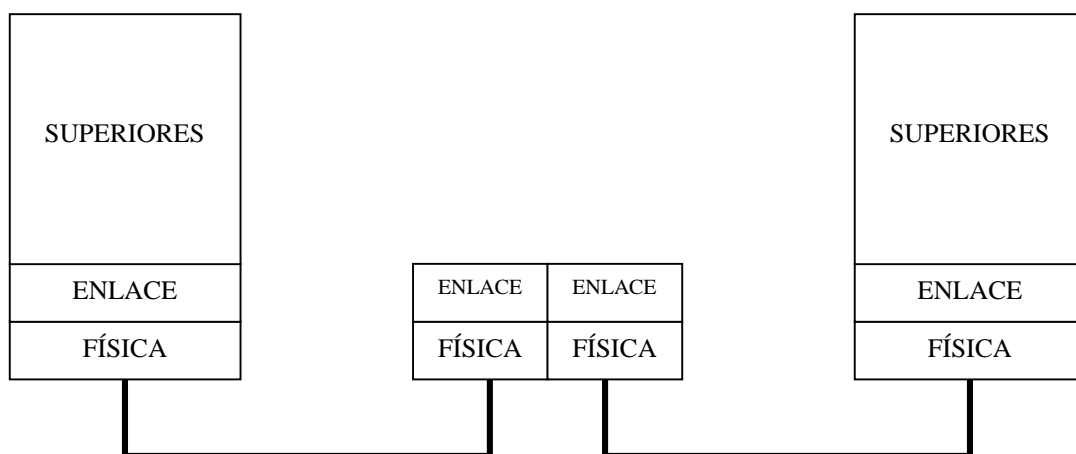


Figura 1. Conmutación en nivel de enlace

Frame Relay incorpora un interface de red del mismo tipo que el protocolo X.25. No obstante, Frame Relay difiere significativamente de X.25 en su funcionalidad y formato. En particular, F.R. es un protocolo más tiralíneas, consiguiendo unas más altas prestaciones y una mayor eficiencia. Aunque X.25 trabaja mejor, a pesar de su antigüedad (años 70 y 80) *tiene demasiado overhead*. Otra característica importante de F.R. es que explota los recientes avances en tecnologías de transmisión en redes de área extensa (WAN). Los primeros protocolos WAN, tales como X.25, fueron desarrollados sobre sistemas de transmisión analógicos y el medio predominante era el cobre. Estos enlaces son mucho menos fiables que los enlaces de transmisión digital sobre fibra disponibles actualmente. En nuestros días en los que los enlaces son más seguros y las redes más fiables, el chequeo de errores no es necesario. Es por ello, que muchas de las funciones básicas de X.25 han sido eliminadas para conseguir un mayor throughput.

Frame relay acelera el proceso de routing de paquetes a través de una serie de swiches a una localización remota eliminando la necesidad de que cada switch chequee cada paquete que recibe antes de retransmitirlo (“relaying”) al siguiente swith.

Sobre enlaces como estos, los protocolos de nivel de enlace pueden evitar el consumo de tiempo de los **algoritmos de corrección de errores durante el tránsito (hop-to-hop)** como se realiza en X.25, dejando que estas tareas sean desarrolladas por las capas altas. Una mayor eficiencia y mejores prestaciones son posibles sin sacrificar la integridad de los datos, y para ello fue diseñada. Incluye un algoritmo de chequeo de redundancia cíclico (CRC) para detectar bits deteriorados (con ello, los datos pueden ser descartados), pero no incluye ningún mecanismo de protocolo para corregir datos erróneos (por ejemplo por retransmisión a esta capa de protocolos).

Otra diferencia entre Frame relay y X.25 es que X.25 no dispone de técnicas explícitas para el control de flujo, si existentes en Frame relay en modo circuito virtual. Ya que muchos protocolos de capas superiores están ejecutando sus propios algoritmos de control de flujo, la necesidad de esta funcionalidad en la capa de enlace ha disminuido. F.R., no obstante, no incluye procedimientos de control de flujo explícitos que dupliquen los de las capas altas. En su lugar, **mecanismos de notificación de congestión** muy simples se soportan para permitir a una red informar a un dispositivo de usuario de que los recursos de la red están agotados cuando se alcanza un estado congestionado. Esta notificación puede alertar a los protocolos de las capas altas donde el control de flujo puede ser necesario.

Con todo esto se destaca que el chequeo de errores y control de flujo solamente son realizados en la estación destino, no en los nodos intermedios.

Algunas diferencias entre X25 y Frame Relay se muestran a continuación:

**Capa de Enlace (2):**

	X.25	Frame Relay
Generación y Reconocimiento de flags	SI	SI
Transparencia	SI	SI

Código de Redundancia	SI	SI
Descarte de tramas con CRC erróneo	SI	SI
Retransmisión	SI	NO
Almacenamiento de tramas pendientes de confirmación	SI	NO
Reconocimiento de Tramas	SI	NO
Generación de tramas de rechazo (REJ)	SI	NO
Tratamiento de RR/RNR	SI	NO
Reinicio	SI	NO
Contador de retransmisión	SI	NO

### Capa de Red (3)

	X.25	Frame Relay
Multiplexación	SI	En capa 2
Control de Flujo (RR/RNR)	SI	NO
Control de Interrupciones	SI	NO
Número de secuencia	SI	NO
Establecimiento y Liberación de llamadas	SI	Otro Plano
Otras funciones	SI	NO

En forma de resumen se puede indicar que:

- La señalización para el control de llamadas es transportado sobre una conexión lógica separada de las de los datos del usuario.
- La multiplexación y conmutación de conexiones lógicas tiene lugar en la capa 2 en lugar de la capa 3 eliminando un capa entera de proceso.
- No hay control de flujo ni control de error salto-a-salto. El control de flujo y control de error extremo a extremo son responsabilidad de una capa más alta, si se emplean.

Frame Relay utiliza el control **LAP-F (Link Access Protocol – Frame-Mode Beares Services)** en los sistemas finales para proveer el control de error y de flujo:

- Preservando el orden de las tramas

- Una pequeña probabilidad de pérdida de tramas.

Con frame relay existen conexiones virtuales, no circuitos virtuales (no existe un *pipe* de control de enlace de datos con control de flujo y de error) (ver figura 2). Asimismo provee una conexión virtual para control de llamada (justamente igual que **RDSI: Red Digital de Servicios Integrados**).

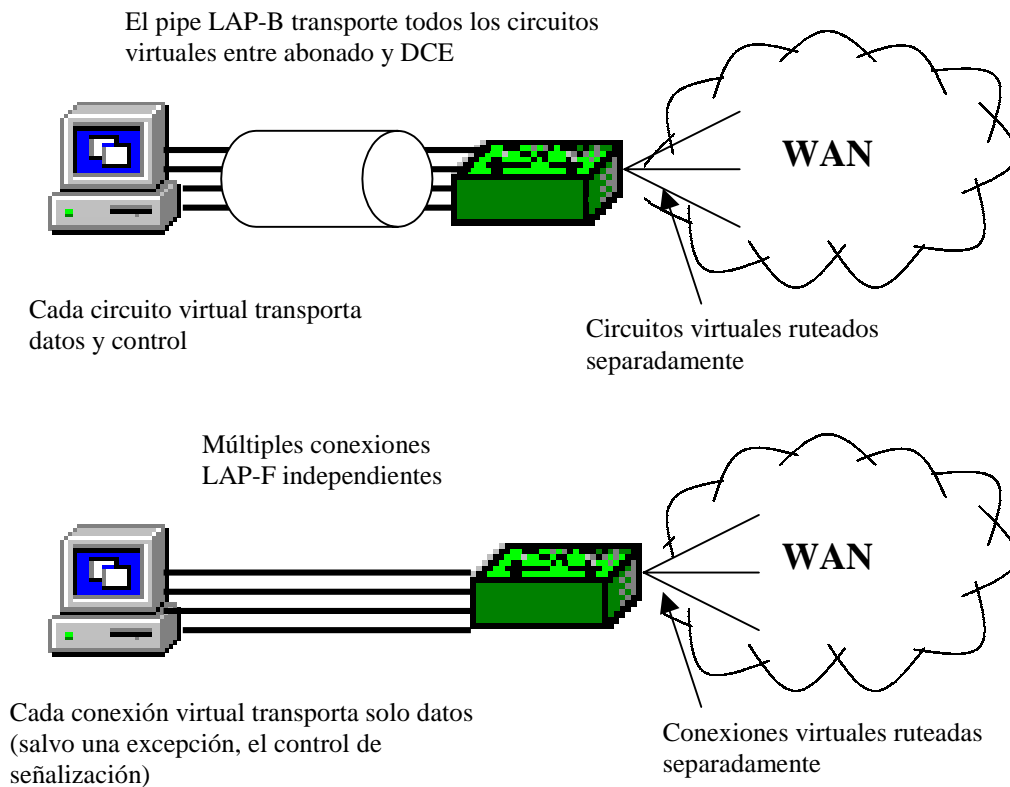


Figura 2. Conexiones Frame Relay y Circuitos virtuales

El interface tiene la característica de **multiplexación estadística** (STDM: Statistical Time Division Multiplex) de muchas conversaciones lógicas de datos (referidos como *conexiones virtuales*) sobre un simple enlace de transmisión físico. Esto contrasta con sistemas que utilizan solamente técnicas de multiplexación por división en el tiempo (TDM) para soportar múltiples tiras de datos. La multiplexación estadística de F.R. provee un uso más flexible y más eficiente del ancho de banda disponible. Puede ser usado sin técnicas TDM o sobre los canales provistos con sistemas TDM.

Actualmente las direcciones de  **circuitos virtuales permanentes (PVCs)** del estándar F.R. son configurados y manejados administrativamente en una red Frame Relay. También se han propuesto los  **circuitos virtuales conmutados (SVCs)**. El protocolo de señalización de la RDSI ha sido propuesto para que el DTE y el DCE se comunicarán para establecer, terminar y gestionar dinámicamente los SVCs.

### 3. Extensión LMI

Además de las funciones del protocolo básico de F.R. para la transferencia de datos, la especificación del consorcio F.R. incluye las  **extensiones LMI (Link Management Interface)** que permiten gestionar internetworks complejas más fácilmente. Algunas extensiones LMI se conocen como “**comunes**” y se supone que serán implementadas por todos los que adopten la especificación. Otras funciones LMI se conocen como “**opcionales**”. Un sumario de las extensiones LMI son las siguientes:

- **Mensajes de estado de circuito virtual (común).** Proveen la comunicación y sincronización entre la red y el dispositivo del usuario. Periódicamente informan de la existencia de nuevos PVCs y el borrado de PVC ya inexistentes, y generalmente proveen información acerca de la integridad de los PVCs. Los mensajes de estado de los circuitos virtuales previenen el envío de datos sobre “agujeros negros”, esto es, sobre PVCs que no existen.
- **Multicasting (opcional).** Permite a un transmisor, enviar una simple trama pero que sea entregada por la red a múltiples destinos. Así, multicasting requiere de mensajes de routing eficientes y procedimientos de resolución de direcciones que típicamente deben ser enviados para muchos destinos simultáneamente.
- **Direccionamiento Global (opcional).** Dar identificadores globales de conexión mejor que con significado local, permite que estos sean utilizados para identificar un interface específico en toda la red F.R. Las direcciones globales hacen que la red Frame Relay se comporte como una red de área local (LAN) en términos de direcciones; los protocolos de resolución de

direcciones además operan sobre F.R. exactamente como lo harían sobre una LAN.

- **Simple Control de Flujo (opcional).** Provee un mecanismo de control de flujo XON/XOFF que aplican al interface F.R. Se hace así, ya que las capas altas no usan bits de notificación de congestión y eso necesita de algún nivel de control de flujo.

#### 4. Modelo

En la figura 3 se muestra en modelo en capas y los protocolos estandarizados para la tecnología frame relay.

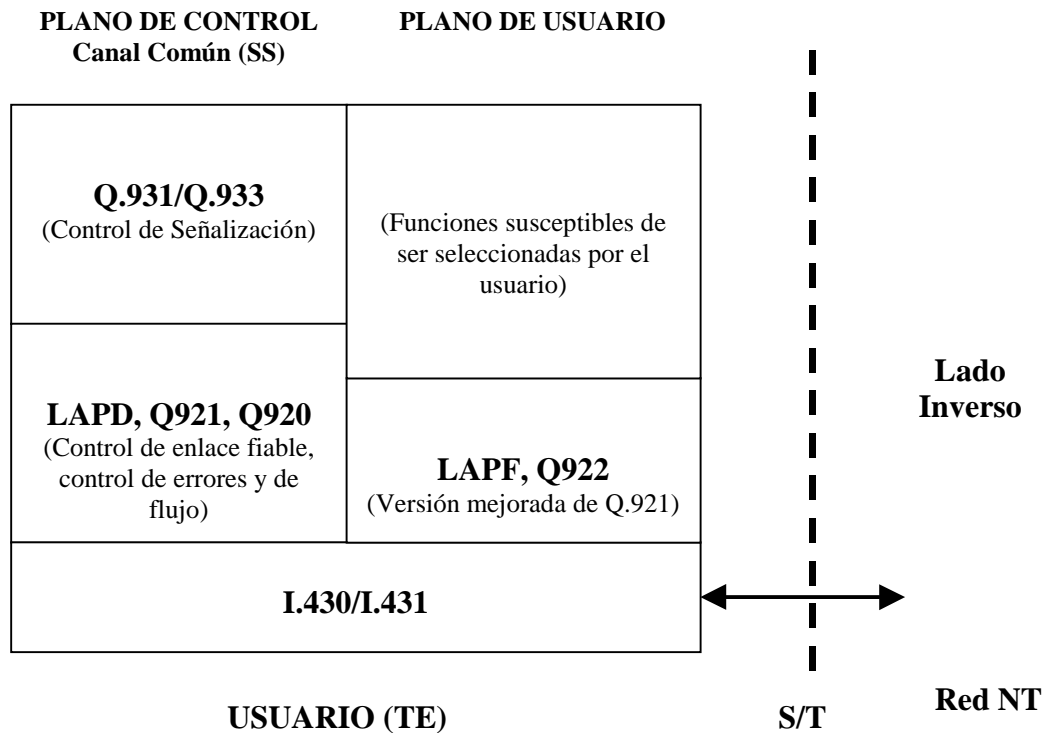


Figura 3. Modelo en Capas F.R. y Protocolos asociados

Para reducir el se realizan varias simplificaciones de protocolo a los existentes en X.25, concretamente:

- Separación funcional del Plano de Usuario y del Plano de Control

- Se diseña una parte distinta para procesar cada plano. Así se busca más caudal para el plano de usuario y una mayor flexibilidad para el plano de control (p. e. plano de usuario por hardware y plano de control por software).
- Se simplifican las tareas del plano de usuario (eliminando la capa 3) pasando sus funciones a la capa 2.

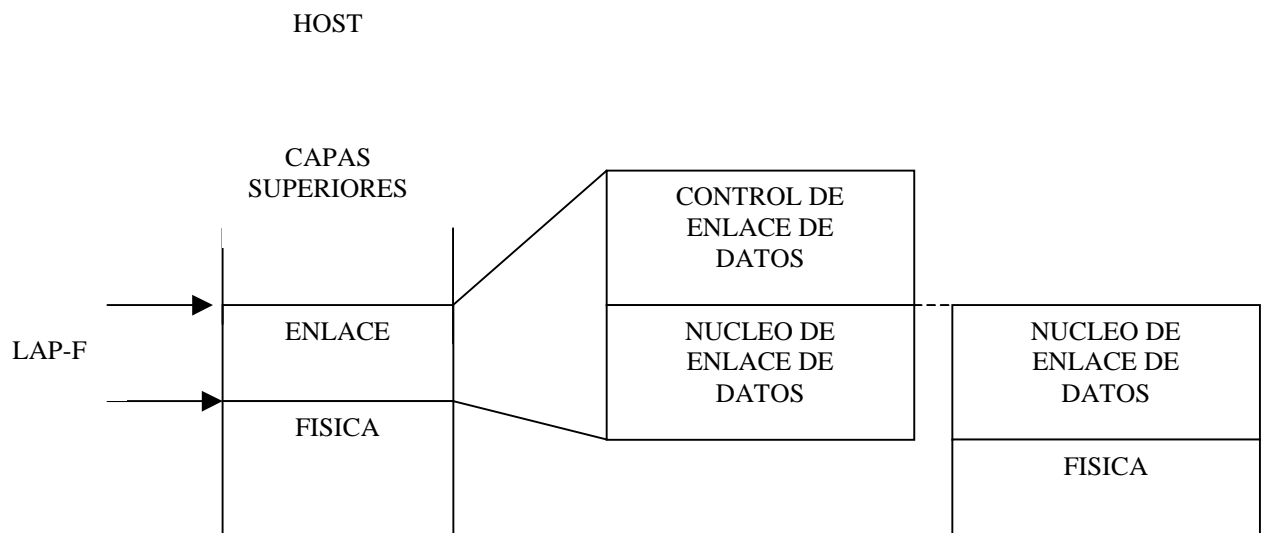


Figura 3.a Subcapas de enlace de datos usadas en Frame Relay

Inicialmente F.R. fue desarrollado por la ITU-T como un servicio portador en modo paquetes RDSI con un plano de control (plano C) separado lógicamente de un plano de usuario (plano U). En el plano C, todas las capacidades de señalización para el control de llamada, negociación de parámetros, etc., fueron contempladas para ser utilizadas sobre el conjunto de protocolos comunes a todos los servicios de telecomunicaciones RDSI. En el plano U, el servicio portador básico provisto en I.122 es la transferencia de unidades de datos si reconocimiento preservando su orden desde el lado de la red de uno de los interfaces usuario-red al lado de la red de otro interface usuario-red.

ITU-T I.122 reconoce dos implementaciones frame relay: una implementación conmutada (SVC) bajo los auspicios de RDSI, usando el reciente protocolo ITU-T Q.933 para configurar la llamada; y la implementación PVC. El PVC no requiere configurar ni terminar la llamada, pero, obviamente, no es tan eficiente usando los recursos como SVC. Casi todas las redes públicas dan los servicios basados en PVC.

## ➤ INTERFACES:

**UNI:** El interface **User-to-Network** define los procedimientos de comunicación entre el DTE y un conmutador F.R. Esta estándar fue completado por el Frame Relay Forum en 1992 y luego aceptado por ANSI.

**NNI:** El interface **Network-to-Network**, también ratificado en 1992 por el Frame Relay Forum, define como dos conmutadores F.R. permiten comunicar diferentes redes públicas o privadas. NNI juega un papel en frame relay similar al que toma X.75 en conmutación de paquetes.

## 5. Formato de Trama

El formato de trama F.R. se muestra en la figura 4. El campo **flags** (1 byte) delimita el comienzo y el final de la trama. Su valor es el mismo que en las tramas LAP-B / HDLC, o sea 01111110. A continuación del campo flags, están los 2, 3 o 4 bytes del **campo de dirección**. Por defecto se usan 2 bytes, de los que los primeros 10 bits de estos dos bytes representan el ID. del actual circuito, denominado el **DLCI (Data Link Connection Identifier)**. Su significado es equivalente al campo número de circuito virtual en X.25 (LAP-B).

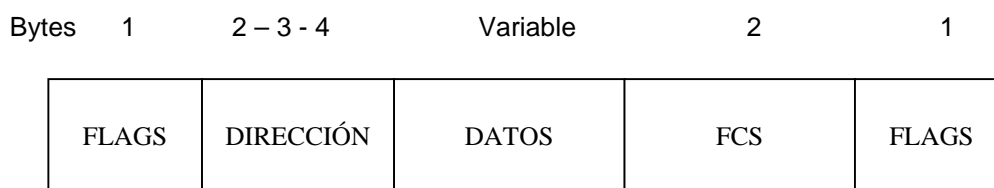


Figura 4. Formato de trama Frame Relay

El valor de 10 bits de DLCI (para el caso de dirección de 2 bytes) es el corazón del cabecero Frame Relay. Identifica la conexión lógica que esta multiplexada en el canal físico. En el **modo de direccionamiento básico** (que es, no extendido por el LMI), los DLCI tienen significado local; o sea, los dispositivos extremos a dos diferentes extremos de una conexión pueden usar un DLCI para referirse a esa misma conexión.

La figura 5 muestra un ejemplo del uso de DLCIs en el modo de direccionamiento Frame Relay no extendido.

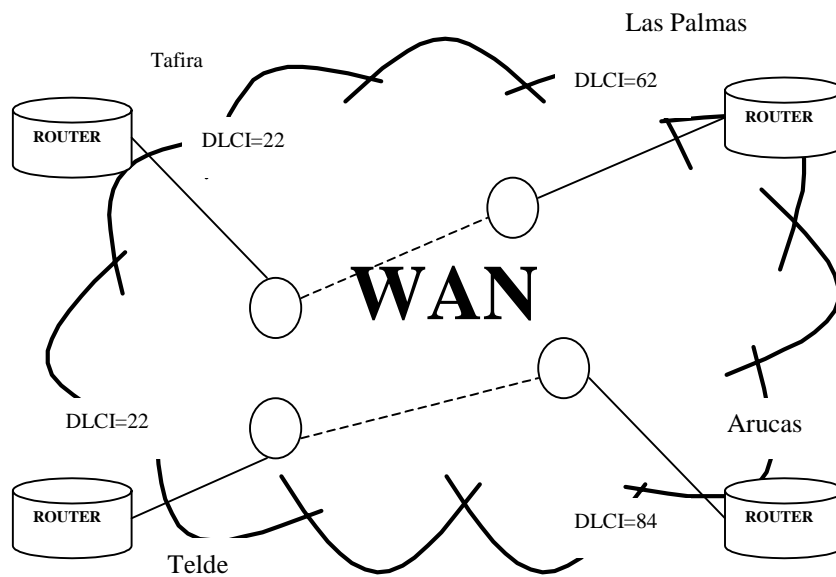


Figura 5. Direccionamiento Frame Relay

En la figura 5 se indica que hay dos circuitos virtuales permanentes uno entre Tafira y Las Palmas y otro entre Telde y Arucas. Telde utiliza el DLCI 22 para referirse a su PVC con Arucas mientras Arucas se refiere al mismo PVC con el DLCI 84. Similarmente, Tafira utiliza el DLCI 22 para referirse a su PVC con Las Palmas. La red utiliza mecanismos internos propietario para guardar los identificadores de ambos DLCI con significado local.

Como se comentó anteriormente, los DLCI permiten la multiplexación de varias conexiones lógicas de retransmisión de tramas a través de un único canal. Como en X.25, el DLCI tiene significado local: cada extremo de la conexión lógica asigna su propio DLCI de acuerdo con los números libres, debiendo realizar la red la conversión correspondiente entre ellos. Alternativamente, el uso del mismo DLCI por parte de ambos extremos requeriría algún tipo de gestión global de los valores de DLCI.

Tras el campo de dirección se encuentra el campo **DATOS**. Este es un campo de longitud variable que consiste de un número entero de bytes (no bytes parciales). La red puede soportar un máximo tamaño de campo de información de 8.189 bytes, aunque generalmente se utilizan 1600 bytes. El gran tamaño de trama (comparado con los 128

de X.25) es necesario para prevenir el uso de segmentación y reensamblado en el equipo del usuario así la baja Probabilidad de error de las redes utilizadas.

Finalmente se incorpora el código de control de errores de la trama (**FCS: Frame Control Sequence**) de 16 bits y el flag (01111110) de fin de trama.

El orden de transmisión de bytes es en orden numérico ascendente y entre los bits, el bit 1 será el primero en ser transmitido.

➤ Una trama se considera inválida cuando:

- No está adecuadamente limitada por los dos flags (**abortar trama**: Si el receptor recibe siete o más bits contiguos a 1 se interpreta como abortar, y la capa de enlace de datos ignora la trama que está siendo recibida).
- Tiene menos de cinco bytes entre los flags (si no tiene campo de información, tendrá 4 bytes por lo que será invalidada).
- No consiste de un número entero de bytes más el bit cero insertado o la extracción del cero por coincidencia con el flag.
- Contiene un error en el FCS.
- Contiene un campo de dirección de un solo byte
- Contiene un DLCI que no esté soportado por el receptor

➤ Si la trama recibida por la red es demasiado grande, la red puede hacer una de las siguientes acciones:

- Descartar la trama
- Enviar parte de la trama hacia el usuario destino, luego abortará la trama
- Enviar la trama hacia el usuario destino con un FCS inválido.

## 4.1 Campo de Dirección

Como se observa en la figura 6, en el extremo de cada byte del DLCI está el bit de **dirección extendida (EA) (EA0 y EA1)**. Si este bit está a uno, el byte actual es el

último byte del DLCI. Todas las implementaciones actualmente usan un DLCI de 2 bytes, otras posibilidades (3-4) pueden usarse en un futuro.

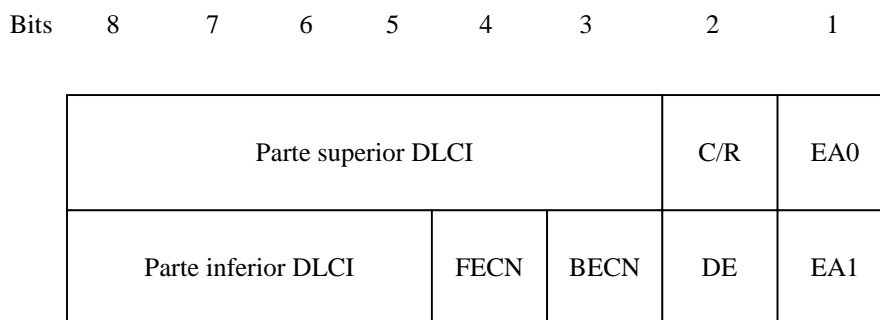


Figura 6. Formato de campo dirección para 2 bytes (por defecto)

El bit marcado como “**C/R**” (Bit de Comando/Respuesta) siguiente del byte más significativo de DLCI representa una indicación de petición/respuesta. Es parecido al bit “**Q**” de X.25, y al igual que ocurría con este, no es un bit utilizado por la red. Se introduce por compatibilidad con protocolos anteriores, como los del tipo HDLC. Cuando el protocolo de enlace es fiable, utilizan este bit. Tiene un valor específico para cada aplicación y no se indica en **LAP-F**.

Finalmente, los 3 últimos bits en el segundo byte del DLCI proveen el control de congestión. El bit de **notificación explícita de congestión hacia delante (FECN)** se activa por la red Frame Relay en una trama para indicar al DTE receptor de la trama que la congestión había aparecido en la ruta desde la fuente al destino. El bit de **notificación explícita de congestión hacia atrás (BECN)** se activa por la red Frame Relay sobre las tramas que viajan en dirección opuesta a las tramas que encuentran la ruta congestionada. La intención de ambos bits es que la indicación de FECN o BECN pueda ser proporcionada a un protocolo de capa superior para que tome las acciones oportunas de control de flujo. Los bits FECN son útiles para protocolos de capas altas que utilicen control de flujo controlado por el receptor (evitando que utilice este enlace posteriormente), mientras que los bits BECN tienen significancia para los que dependan de control de flujo controlado de emisor reteniendo (“hold”) o esperando (“wait”) a que se subsane el problema.

El bit **elegido para descarte (DE: Discard Eligibility)** se activa por el DTE para indicar a la red Frame Relay que una trama tiene menor importancia que otras tramas y sería descargada (eliminada) si la red esta limitada de recursos. Como se observa, representa un simple mecanismo de prioridades. Este bit generalmente se activa solo cuando la red esta congestionada. Por ejemplo si este bit esta a uno, indica que esta trama tiene preferencia para ser desechada frente a otras con el bit DE a cero.

Bits	8	7	6	5	4	3	2	1
Parte superior DLCI							C/R	EA0
DLCI			FECN	BECN	DE	EA0		
Parte inferior DLCI o control del enlace central							D/C	EA1

Figura 7. Formato de DLCI para 3 bytes

En la figura 7 se observa que el campo DLCI para la opción de 3 bytes puede alcanzar 16 bits. En este formato, se incluye el campo D/C que representa una indicación de DLCI de datos o de Control.

Bits	8	7	6	5	4	3	2	1
Parte superior DLCI							C/R	EA0
DLCI			FECN	BECN	DE	EA0		
DLCI							EA0	
Parte inferior DLCI o control de enlace central							D/C	EA1

Figura 8. Formato de DLCI para 4 bytes

En la figura 8, el campo DLCI para la opción de 4 bytes puede alcanzar 24 bits. Al igual que para 3 bytes, se incluye el campo D/C que representa una indicación de DLCI de datos o de Control.

En ambas figuras que observa que el bit EA toma 0 cuando restan bytes para la indicación de DLCI y 1 para el último byte es el actual.

Su utilización depende del fabricante o implementador, pues hay quienes no lo usan o directamente desechan tramas aleatoriamente.

➤ Otra área clave de la tecnología frame relay que el forum frame relay ha direccionado es la **Implementación de encapsulación multiprotocolo (MEI: Multiprotocol Encapsulation Implementation)** sobre frame relay. Esto permite a F.R. actuar como un mecanismo de transporte para una variedad de protocolos encapsulados. Estos protocolos son transportados dentro del campo de información de la trama; soporta protocolos tales como IP, SNA e IPX. Esta utilidad fue publicada en 1993. Otras posibilidades son ISO OSI CNLP, DECnet, AppleTalk, NetBIOS. Además se permiten opciones de bridging de capas MAC en LAN permitiendo protocolos IEEE802.3, 802.4, 802.5, ANSI FDDI y IEEE802.6. Se indica que estas conexiones sean PVC o SVC según se configuren.

➤ Como frame relay suministra ancho de banda bajo demanda dependiendo de la aplicación y de los PVCs pre-provisionados. Un cliente puede exceder el ancho de banda y la red intentará soportar la petición.

Generalmente se aplica conjuntamente con el bit DE el valor de **CIR (Committed Information Rate: Tasa de información confirmada)**. Representa la tasa de información comprometida, es decir, el caudal medio garantizado que la red se compromete a dar en una conexión durante un intervalo de tiempo definido (**Tc**). Generalmente es un parámetro del servicio pre-provisionado dependiendo de las necesidades del usuario y sobre la base de su precio. Este es un parámetro asociado a cada sentido de la transmisión de cada conexión virtual. Consiste en realizar medidas de tráfico y si estas son superiores a una tasa promedio prefijada (el valor de CIR) se marca

el bit DE (se pone a 1), si no se supera este umbral se deja DE a cero. Suelen utilizarse los métodos de *CIR leaking* o *CIR de reenvío rápido*.

El CIR no es la capacidad física a la que se transmite. Si C es la capacidad del canal, entonces  $C * T_c$  esta asociado a la capacidad física de las líneas, y es lo primero que contrata el abonado. Un parámetro importante es Bc (volumen de información comprometida durante Tc) que se compromete la compañía a transmitir:  **$B_c = CIR * T_c$** .

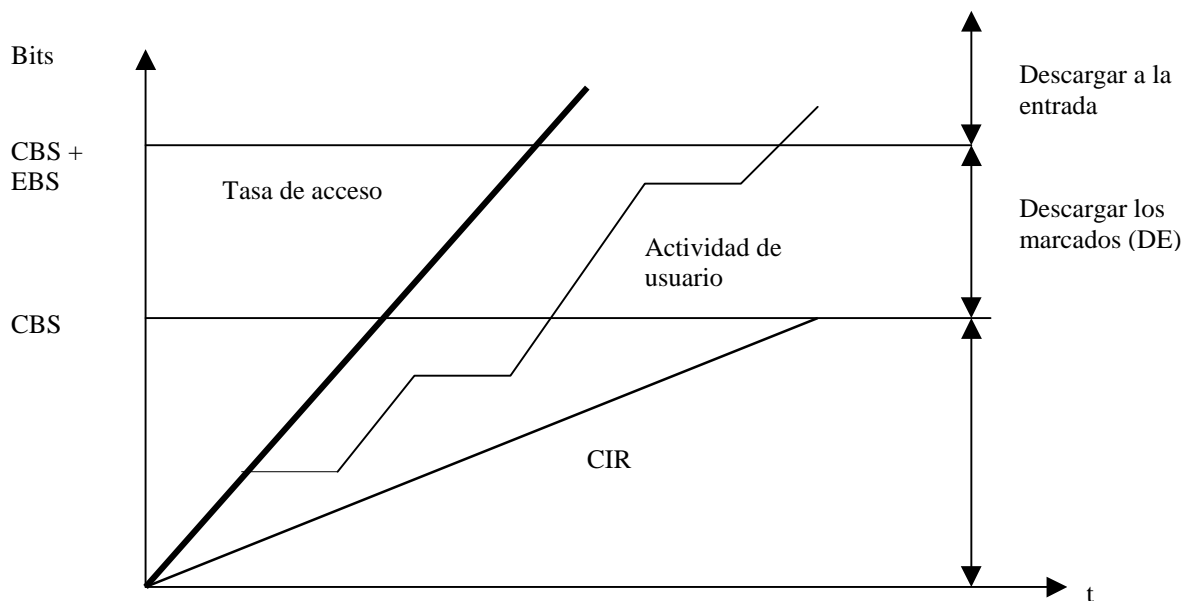


Figura 9. Parámetros del servicio Frame Relay

Como se puede observar en la figura 9 se representa una gráfico que interpreta el significado del parámetro CIR así como el de **CBS: Committed Burst Size or Rate** que representa la máxima cantidad de datos que el proveedor asegura entregar en un segundo. Cualquier datos por encima de CBS es marcado como descartable (DE=1). El parámetro **EBS: Exceed Burst Rate** representa la máxima cantidad de datos que pueden exceder a CBS que la portadora intentará entregar en un segundo. Cualquier dato que exceda CBS+EBS será descartado al entrar en la red. Otro parámetro es **CRMI: Committed Rate Measurement Interval** que representa el intervalo de tiempo durante el cuál los usuarios pueden transferir datos entre CBS y CBS + EBS.

## 5. Formato de Mensajes LMI

La especificación del consorcio frame relay también incluye los procedimientos LMI. Como ya se comentó, implementan funciones adicionales en la UNI (User-Network Interface). Transfiere mensajes de red notificando al usuario de la presencia de un DLCI activo o el borrado o fallo de un DLCI y provee una monitorización de estado en tiempo real del enlace físico y lógico entre la red y cada dispositivo del usuario. En otras palabras, el LMI resuelve el uso de la señal de actividad (“signal keep-alive”) entre la red y el equipo del usuario.

El protocolo LMI consiste en el intercambio de mensajes entre el usuario y el nodo de acceso local a la red. Está basado en un esquema de “polling”: el equipo del usuario (router) pide a la red información de estado para los PVCs sobre un determinado interface UNI. El dispositivo del usuario usa un **mensaje de petición de estado** y la red responde con un **mensaje de estado**.

Utiliza un protocolo de enlace de datos no orientado a conexión basado en Q.921/LAP-D, haciendo el procedimiento fácil de implementar; en la capa 3, mensajes Q.931 son utilizados, de manera similar a RDSI.

El anexo D de T1.617 especifica los procedimientos para las siguientes tareas:

- Adición o borrado de un PVC
- Determinación de estado (disponibilidad/no disponibilidad) de un PVC configurado
- Señalización local en canal para errores de enlaces fiables
- Señalización local en canal para errores de protocolo de enlace

Los mensajes LMI son enviados en tramas que se distinguen por un DLCI específico para LMI (definido en la especificación del consorcio como **DLCI=1023**). El formato del mensaje LMI se muestra en la figura 10.

Incluye algunas de las funciones **CLLM (Consolidated Link Layer Management)** para notificar información de control de congestión, en aquellos casos en que no hay tramas en sentido contrario al congestionado; en general de operaciones con problemas y otras circunstancias. Para ello utiliza las tramas **XID (eXchange Identification)**

(equivalente a las utilizadas en HDLC) para informar de problemas en la red. Si no se utiliza F.R. sobre RDSI se utiliza un DLCI determinado. Independientemente de cual sea la longitud de DLCI, CLLM utiliza el DLCI que tenga todo el campo DLCI a 1.

Bytes 1	2	1	1	1	1	Variable	2	1
---------	---	---	---	---	---	----------	---	---

Flag	LMI DLCI	UI	Discriminad Protocolo	Call Reference	Tipo de Mensaje	Elementos Informac.	FCS	Flag
------	-------------	----	--------------------------	-------------------	--------------------	------------------------	-----	------

Figura 10. Formato de Mensaje LMI

En mensajes LMI, el cabecero de protocolo básico es el mismo que en tramas de datos normales. El mensaje actual LMI comienza con 4 bytes indispensables, seguidos de un número variable de **elementos de información (IE)**. El formato y la codificación de los mensajes LMI esta basado sobre el estándar ANSI T1S1.

El primero de los bytes (**UI: Un-umerated Information**) es un indicador de información no numerada y tiene el mismo formato que el indicador de las tramas de **información no numerada LAP-B (UI)** con el bit poll/final puesto a cero. Puede ser **I:Información** en lugar de UI. A continuación puede existir un campo de relleno, opcional. El siguiente byte es el **discriminador de protocolo** que se activa a un valor indicado "LMI". El tercer byte (**call reference**) esta siempre relleno con ceros.

El cuarto byte final es el campo **tipo de mensaje**. Varios tipos de mensajes han sido definidos:

- **Mensajes de petición de estado (status enquiry)** que permiten al dispositivo del usuario solicitar el estado de la red.

- **Mensajes de estado respuesta** en respuesta a la peticiones anteriores.

**Keepalives** (mensajes enviados a través de una conexión para asegurar que ambos lados continúan en estado activo) y **Mensajes de estado PVC** son ejemplos de

estos mensajes; al formar parte estas de las características comunes, deberían formar parte de todas las implementaciones indicadas por la especificación.

Después del campo DLCI, el campo de control (UI o I) y, el relleno si existiese, aparece el campo **NLPID (Network Level Protocol Identifier)** , generalmente incorpora el tipo de protocolo de transporte (CNLP o IP). Valores típicos son:

Código	Tipo
=====	=====
0xCC	IP
0x08	ISDN Q.933
0x00	Capa de Red
0x80	SNAP
0x81	ISO CLNP
0x82	ISO IS-IS
0x83	ISO IS-IS

Desde 1993, la industria incorpora el RFC1490, “Multiprotocol Interconnect over Frame Relay” para un método de encapsulación para el transporte de tráfico interconectando redes sobre un “backbone” framerelay. El caso de encapsulación IP sobre enlaces Frame Relay se especifica en el RFC1294.

Conjuntamente, los mensajes de estado y petición de estado ayudan a verificar la integridad de los enlaces lógicos y físicos. Esta información es crítica en un entorno de routing ya que los algoritmos de routing toman decisiones basados sobre la integridad del enlace.

A continuación del tipo de mensaje están algunos **números de IE**. Cada IE consiste de un simple byte identificador de IE, una campo longitud de IE y uno o más bytes conteniendo los datos actuales.

## 6. Direccionamiento Global

Además de las características comunes LMI, hay varias extensiones opcionales LMI que son extremadamente útiles en un entorno de interconexión. La primera extensión opcional en importancia es el **direccionamiento global**. En este caso no hay direcciones que identifiquen interfaces de red, o nodos conectados a estos interfaces. Ya que estas direcciones no existen, ellas no pueden ser descubiertas por resolución de direcciones tradicional y técnicas de descubrimiento. Esto significa que con el direccionamiento normal frame relay, mapas estáticos deben ser creados para decirle a los routers que DLCI utilizar para encontrar un dispositivo remoto y su dirección internetwork asociada.

La extensión de direccionamiento global permite identificación de nodos. Con esta extensión, los valores insertados en el campo DLCI de una trama son direcciones con significado global de dispositivos extremo de usuario individuales (por ejemplo routers) Un ejemplo se muestra en la figura 11.

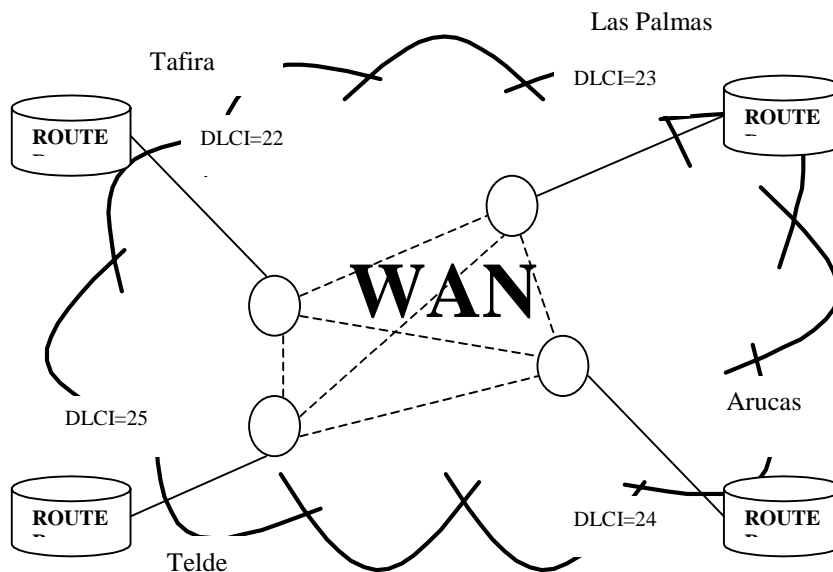


Figura 11. Intercambio de direccionamiento Global

Nótese que en la figura 11 cada interface tiene su propio identificador. Suponer que Las Palmas debe enviar una trama a Tafira. El identificador para Tafira es 22, así que Las Palmas coloca el valor 22 en el campo DLCI y envía la trama en el red Frame Relay. En el punto final, el contenido del campo DLCI es cambiado a 23 para reflejar el nodo

fuente de la trama. Cada interface del router tiene un valor distinto como su identificador de nodo, así los dispositivos pueden ser distinguidos individualmente. Esto permite un **routing adaptativo** en entornos complejos.

El direccionamiento global provee significativos beneficios en grandes y complejas internetworks. La red frame relay aparece para los router como cualquier LAN. Ningún cambio en los protocolos de capas altas se necesita para incorporar estas facilidades.

## **7. Multicasting**

Multicasting es otra característica opcional destacable de LMI. Los grupos multicast están designados por una serie de 4 valores reservados de DLCIs (**de 1019 a 1022**). Las tramas enviadas por un dispositivo usando uno de estos DLCI reservados son replicadas por la red y enviadas a todos los puntos extremos en el conjunto designado. La extensión multicast también define mensajes LMI que notifican a los dispositivos de los usuarios la adición, borrado y presencia de grupos multicast.

En redes que toman ventajas por el routing dinámico, la información de routing debe ser intercambiada a través de muchos routers. Los mensajes de routing pueden ser enviados eficientemente usando tramas con una DLCI multicast. Estos mensajes permiten ser enviados a grupos específicos de routers.

## **8. Conclusiones**

Los beneficios de F.R privada:

- Comparte puerto y enlaces
- Ancho de Banda bajo demanda
- Alta caudal y bajo retardo
- Fácil expansión de la red
- Fácil transición desde redes existentes
- Coexistencia y simbiosis con LANs
- Simplifica la administración de la red

- Basada en estándares
- 

En Frame Relay Públicas:

- Reduce los costes de transmisión a larga distancia
- Bajo coste de puesta en marcha
- Soporte de una variedad de equipos de usuario
- Permite la transmisión de ráfagas excediendo la clase de throughput.

## 9. Características Técnicas

Las líneas que conectan dispositivos de usuario a los equipos de la red pueden operar a una velocidad seleccionada desde un amplio rango de tasas de bit. Velocidades entre 56 Kbps, N \* 64 Kbps y 1'544 Mbps en EE.UU. o 2'048 Mbps en Europa . Estas dos últimas velocidades vienen de los estándares T1 (1544 Kbps en EEUU) y E1 (2048 Kbps) en Europa. Implementaciones capaces de operar sobre enlaces de 45 Mbps (DS3) son posibles prácticamente, aunque no tan estándares como las anteriores.

La especificación del interface FRI se describe en la Recomendación ITU-T I.122 (1988) aunque esta especificación es únicamente un documento de trabajo. Más tarde ha sido codificado en una serie de documentos de implementación, tales como las especificaciones del LMI, el UNI y el NNI.

Una batería de estándares ANSI, publicados a finales del 91, extiende los principios del I.122 a un conjunto de especificaciones que pueden ser utilizadas para redes robustas (públicas o privadas). Tres estándares clave son T1.606, T1.617 y T1.618. El ANSI T1.606-1990 especifica un paquete de servicios frame relay en términos de requerimientos del interface usuario-red y de requerimientos para la interconexión de redes (internetworking). El protocolo necesario para soportar frame relay se define en T1.618-1991 (núcleo de LAP-F); el protocolo opera en la subcapa más baja de la capa de enlace de datos y esta basado en el núcleo de un subconjunto de T1.602 (LAP-D).

Las funcionalidades Frame Relay soportadas por el FRI han sido añadidas a los equipos de usuarios- tales como routers, multiplexores T1/E1, DSU/CSU, FEP, PADs, etc.

➤ UNI: Los siguientes interfaces físicos se indican como permitidos para equipos F.R.

- Interface Metálico DS1 ANSI T1.403
- Recomendación ITU-T V.34
- Recomendación ITU-T G.703 (2'048 Mbps)
- Recomendación ITU-T G.704 (2'048 Mbps)
- Recomendación ITU-T X.21

➤ Valores DLCI

<b>2 bytes</b>	<b>3 bytes</b>	<b>4 bytes</b>
<b>0:</b> Señalización dentro del canal	0	0
<b>1 a 15 :</b> Reservado	1 a 1023	1 a 131071
<b>16 a 991 :</b> Se asigna usando procedimiento de conexión	1024 a 63487	131072 a 8126463
<b>992 a 1007 :</b> Gestión de capa 2	63488 a 64511	8126464 a 8257535
<b>1008 a 1022 :</b> Reservado	64512 a 65534	8257536 a 8388606
<b>1023:</b> Gestión de capas dentro del canal	65535	8388607

## 10. Ejemplo

Una configuración muy común de una red frame relay se muestra en la figura 12.

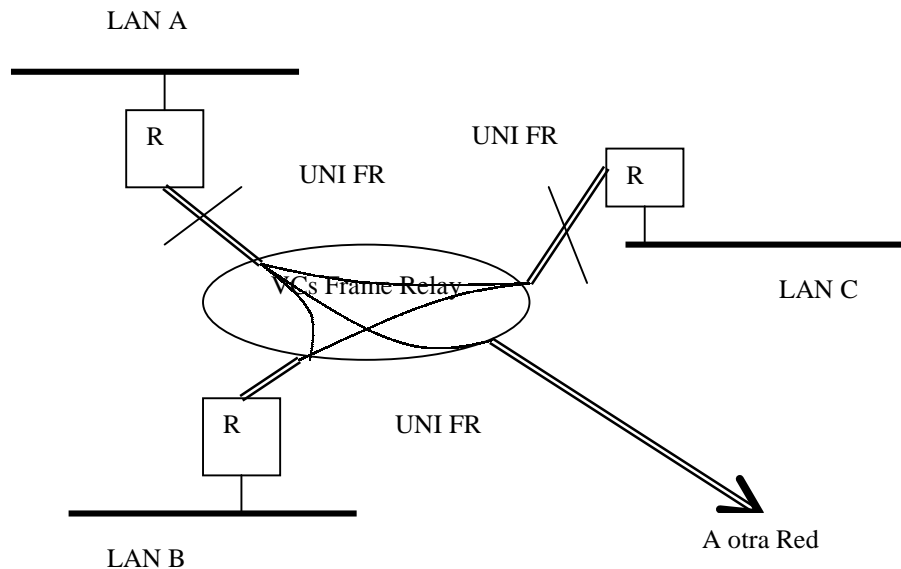


Figura 12. Uso de F.R. como interconexión de LAN

En ella se observan tres LAN distantes que se interconectan a través de una red frame relay mediante un router en cada red y un FRAD. Asimismo se indican los puntos UNI y NNI del interface frame relay (FRI).

Otra aplicación que está siendo cada vez más común es lo que se conoce como **VoFR (Voice over Frame Relay)**. Para ello existen **dispositivos VoFRADs (Voice Frame Relay Access Devices)** que soportan transmisión de voz sobre redes frame relay, dando preferencia a la voz sobre los datos y garantizando una tasa de bits adecuada a estas transmisiones. Generalmente incorporan técnicas de empaquetado de voz digitalizada con un reducido *overhead*, algoritmos de compresión de voz y señalización de voz extremo-a-extremo. VoFR elimina sonidos vocales repetidos y las pausas. La información restante es digitalizada y empaquetada. Las tramas resultantes tienden a ser más pequeñas que las tramas de datos promedio, ayudando a reducir los retardos de la transmisión.

Frame relay no fue originalmente diseñada para aplicaciones de tráfico de tasa de bits constante como voz y video y no tiene la capacidad de asegurar que un las tramas pérdidas no superen un umbral (threshold). No pueden sincronizar relojes entre la aplicación transmisora y receptora para aplicaciones en tiempo real. Su desventaja es alguna pérdida en la calidad del sonido como resultado de la compresión de la voz, pérdida de gestión y administración comparado con la ofrecida por las portadoras de voz estándar.

A continuación, en la figura 13 se muestra un ejemplo de tramas F.R. y la tabla del nodo A.

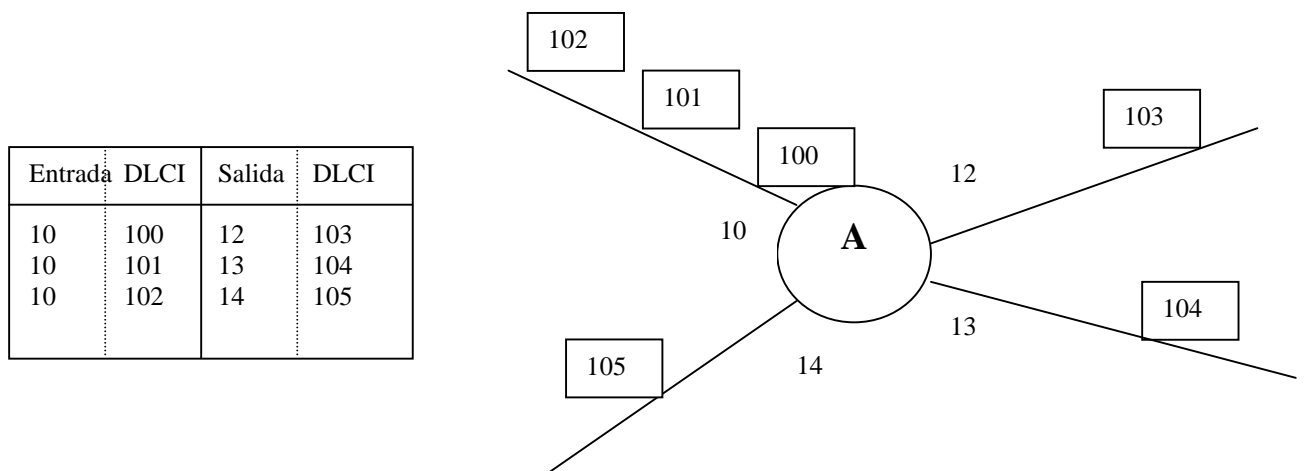


Figura 13. Ejemplo práctico

## **11. Referencias:**

### **➤ Estándares ANSI**

ANSI T1.602-1990, Telecommunications-ISDN-Data Link Layer Signaling Specification for Application at the User-Network Interface.

ANSI T1.606-1990, Integrated Services Digital Network (ISDN)--Architectural Framework and Services Description for Frame-Relaying Bearer Service.

ANSI T1.606-1990, Addendum to T1.606--Integrated Services Digital Network (ISDN)--Architectural Framework and Services Description for Frame-Relaying Bearer Service.

ANSI T1.607-1991, Digital Subscriber Signaling System No. 1--Layer 3 Signaling Specification for Circuit Switched Bearer Service.

ANSI T1.617-1991, Signaling Specification Frame Relay Bearer Service.

ANSI T1.617-1991 Annex D, Additional Procedures for PVCs Using Unnumbered Information Frames.

ANSI T1.618-1991, Integrated Services Digital Network (ISDN)--Core Aspects of Frame Protocols for Use with Frame Relay Bearer Service.

### **➤ Frame Relay Forum :**

FRF.1.1, User-to-Network (UNI) Implementation Agreement, FRF.1.1, Date: January 19, 1996

FRF.2.1, Frame Relay Network-to-Network (NNI) Implementation Agreement Version 2.1, FRF.2.1, Date: July 10, 1995

FRF.3.1, Multiprotocol Encapsulation Implementation (MEI) Agreement, FRF.3.1, Date: June 22, 1995

FRF.4, Switched Virtual Circuit Implementation Agreement (SVC), FRF.4, Date: not available

FRF.5, Frame Relay/ATM Network Interworking Implementation Agreement, FRF.5, Date: December, 20 1994

FRF.6, Frame Relay Service Customer Network Management Implementation Agreement, FRF.6 (FRFTC93.111R3), Date: March 1994

FRF.7, Frame Relay PVC Multicast Service and Protocol Description, FRF.7, Date: October 21, 1994

FRF.8, Frame Relay/ATM PVC Service Interworking Implementation Agreement, FRF.8, Date: April 14, 1995

FRF.9, Data Compression over Frame Relay Implementation Agreement, FRF.9, Date: January 22, 1996

FRF.10, Frame Relay Network-to-Network SVC Implementation Agreement, FRF.10, Date: September 10, 1996

FRF.11, Voice over Frame Relay Implementation Agreement, FRF.11, Date: May 5, 1997

FRF.12, Frame Relay Fragmentation Implementation Agreement, FRF.12, Date: December 15, 1997

#### ➤ **Estándares ITU-T**

ITU-T I.233 Architecture and Service Description equivale a T1.606

ITU-T Q.922 Annex A Data Link Layer Core Aspects equivale a T1.618

ITU-T Q.933 Annex A PVC Management equivale a T1.617 Annex D

ITU-T I.370 Congestion Management equivale a T1.606a

ITU-T Q.933 SVC Signaling equivale a T1.617

ITU-T Q.920 LAPD Description equivale a T1.602

ITU-T Q.921 LAPD Formats and Procedures equivale a T1.602