

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**CONSIDERACIONES DE DISEÑO DE UNA RED  
RELEVO DE TRAMAS ( FRAME RELAY )**

**TESIS**

**PRESENTADA A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR :**

**JOSÉ LUIS PÉREZ ZELAYA**

**al conferírsele el título de**

**INGENIERO ELECTRÓNICO**

**GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 1,997**

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
1997

110  
T(4197)  
C.4

## HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

De conformidad con las normas establecidas por la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a su consideración el trabajo de tesis titulado :

### CONSIDERACIONES DE DISEÑO DE UNA RED RELEVO DE TRAMAS. ( FRAME RELAY )

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica como requisito previo a optar el título profesional de Ingeniero en Electrónica.

Atentamente,



José Luis Pérez Zelaya

Guatemala, 9 de octubre de 1997

Señor Coordinador  
Area de Electrónica  
Escuela de Ingeniería Mecánica-Eléctrica  
Ing. Julio César Solares Peñate  
Presente

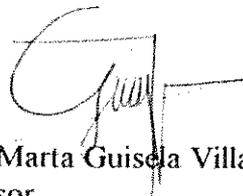
Señor Coordinador

Por este medio estoy remitiéndole el trabajo de tesis titulado:  
"CONSIDERACIONES DE DISEÑO DE UNA RED RELEVO DE TRAMAS  
(FRAME RELAY)", el cual fue elaborado por el estudiante José Luis Pérez Zelaya, el  
cual luego de ser analizado y revisado por mi persona, cumple con los objetivos y  
lineamientos definidos al inicio de éste, dándole por lo tanto mi aprobación.

A la vez, me permito indicarle que dicho trabajo será un valioso aporte al área de  
Teleinformática de nuestro país, por la calidad académica del mismo.

Por último, tanto el autor como el asesor de este trabajo de tesis nos hacemos  
responsables del contenido del mismo.

Atentamente,



Ing. Marta Guisela Villatoro Perdomo  
Asesor  
Colegiado No. 3673

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

Guatemala, 28 de octubre de 1,997

Señor Director  
Ing. Miguel Angel Sánchez Guerra  
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica.

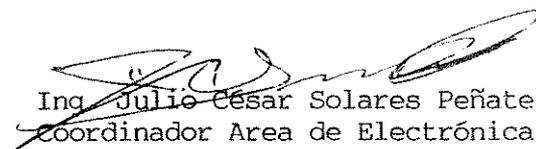
Señor Director.

Me permito dar aprobación al trabajo de tesis titulado:  
Consideraciones de diseño de una red relevo de tramas (Frame Relay),  
desarrollado por el señor José Luis Pérez Zelaya, por considerar que  
cumple con los requisitos establecidos.

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para saludarle.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

  
Ing. Julio César Solares Peñate  
Coordinador Area de Electrónica

JCSP/sdem.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA

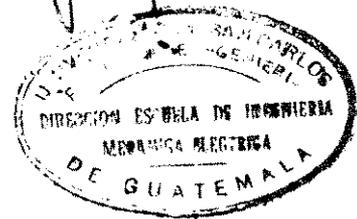


FACULTAD DE INGENIERIA

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, después de conocer el dictamen del Asesor, con el Visto Bueno del Coordinador de Area, al trabajo de tesis del estudiante José Luis Pérez Zelaya, titulada: Consideraciones de diseño de una red relevo de tramas (Frame Relay), procede a la autorización del mismo.

Ing. Miguel Angel Sánchez Guerra  
Director

Guatemala, 12 de noviembre de 1,997.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA

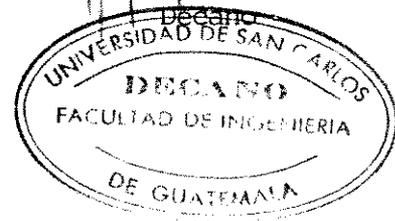


FACULTAD DE INGENIERIA

El Decano de la Facultad de Ingeniería, luego de conocer la autorización por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, al trabajo de tesis: Consideraciones de diseño de una red relevo de tramas (Frame Relay), del estudiante José Luis Pérez Zelaya, procede a la autorización para la impresión de la misma.

IMPRIMASE:

Ing. Herbert René Miranda Barrios



Guatemala, noviembre de 1,997.



## ACTO QUE DEDICO A:

DIOS	Con infinito amor, por cumplirse su voluntad en mí.
MARÍA	Virgen Santísima, madre de todos los hombres.
Mis Adorados Padres	Héctor Adolfo Pérez García y Rosa Ilma Zelaya de Pérez Por el amor y confianza en todos sus hijos.
Mis queridas hermanas	Mercedes Ileana, Lorena Patricia, Atala Vilma Ruth. Por su gran apoyo y cariño.
Mi hermano	Héctor Alfredo, profundo agradecimiento por su apoyo Moral y Confianza depositada en mí.
Mi familia	Especialmente a Lidia Micaela Pérez García y a mis queridos abuelos Jose Luis Perez y María Antonia García Flores sobre sus tumbas.
Mis compañeros y amigos en especial a:	Carlos Meza, Alejandra Vásquez, Claudia Contreras, Augusto Campos, Jorge Sosa , Rudy Ramirez, y Elizabeth Aguirre.
La memoria de:	Ing. Francisco Campos y Tte. de Inf. Luis Rigoberto Guaz Martínez, por su constante motivación, Q.D.E.P.
Mis sobrinos	Andrea Guiselle, Héctor Andrés, Vilma Anneth y Melanie Adriana, con cariño.

Deseo patentizar un sincero agradecimiento a todas aquellas personas e instituciones que de alguna manera colaboraron a la elaboración de este trabajo, así mismo con mi formación en el campo de la ingeniería:

Ing. Guisela Villatoro de Pérez	Asesora de Tesis
Facultad de Ingeniería USAC	Formación Profesional
Red Integral S.A.	Fuente de conocimientos profesionales
Sr. Julio Zúncar	
Sr. Alejandro Escobar	

# INDICE GENERAL

Lista de ilustraciones.....	i
Lista de tablas.....	ii
Glosario.....	iii
Introducción.....	vii

## CAPITULO 1

### 1. DEFINICIÓN DE SISTEMAS DE COMUNICACIÓN

1.1 REDES DE DATOS.....	2
1.2 CLASIFICACIÓN DE REDES.....	4
1.2.1 Redes centralizadas.....	4
1.2.2 Redes descentralizadas.....	5
1.2.3 Red de área local ( LAN ).....	6
1.2.4 Redes de largo alcance ( WAN ).....	6
1.3 SISTEMAS DE CONMUTACIÓN DE REDES DE DATOS.....	7
1.3.1 Conmutación de circuitos.....	7
1.3.2 Conmutación de mensajes.....	9
1.3.3 Conmutación de paquetes.....	10

## CAPITULO 2

### 2. RELEVACIÓN DE TRAMAS - RT (FRAME RELAY - FR)

2.1 DEFINICIÓN DE RELEVO DE TRAMAS.....	14
2.2 DESCRIPCIÓN DEL ESTÁNDAR OSI.....	15
2.2.1 Capa de control de interconexión física ( Physical Layer ).....	17
2.2.2 Capa de control de enlace de datos ( Data Link Layer ).....	19
2.2.3 Capa de control de Red ( Network Layer ).....	21
2.3 RELACIÓN ENTRE FRAME RELAY Y EL ESTÁNDAR OSI.....	23
2.4 ESTÁNDARES DE RELEVO DE TRAMAS (FRAME RELAY).....	25
2.5 RELACIÓN DE RT (FR) CON OTROS SISTEMAS DE CONMUTACIÓN DE PAQUETES.....	28
2.5.1 X.25 basado en conmutación de paquetes.....	29
2.5.2 Servicios ISDN.....	33
2.5.3 Servicios de datos de SMDS.....	35

## CAPITULO 3

### 3. COMPONENTES DE UNA RED FRAME RELAY

3.1 CONFIGURACIÓN DE LA RED FRAME RELAY .....	36
3.1.1 Nodos de conmutación .....	36
3.1.2 Enlaces de transmisión digital de alta capacidad .....	37
3.1.3 Interfaces que soportarán el protocolo Frame Relay.....	39
3.2 PROTOCOLO/RUTEO DE FRAME RELAY .....	40
3.2.1 Proceso de ruteo.....	40
3.3 ELEMENTOS PRINCIPALES DE LA CAPA 2 .....	41
3.4 FORMATO DE LA TRAMA FRAME RELAY .....	42
3.4.1 Estructura básica .....	42
3.4.2 Descripción de los campos del encabezado ( Header ) .....	44
3.4.3 Descripción del campo de datos .....	46
3.4.4 Descripción del campo caracteres de transporte ( FCS ) .....	46
3.5 DISPOSITIVOS TERMINALES .....	47
3.6 DISPOSITIVOS DE CONMUTACIÓN .....	48

## CAPITULO 4

### 4. CASO PRÁCTICO DE DISEÑO DE UNA RED FRAME RELAY

4.1 CONSIDERACIONES GENERALES PARA EL DISEÑO DE UNA RED FRAME RELAY .....	50
4.2 PASOS PARA EL DISEÑO DE UNA RED FRAME RELAY.....	52
4.2.1 Esquema de la red.....	53
4.2.2 Configuración de interconexión .....	54
4.2.3 Patrones de tráfico y flujo.....	54
4.2.4 Parámetros de servicios de Frame Relay.....	55
4.3 ANTECEDENTES DEL CASO EN ESTUDIO.....	58
4.4 DISEÑO DE LA RED.....	61
4.4.1 Esquema de los puntos a interconectar .....	61
4.4.2 Configuración de interconexión .....	62
4.4.3 Patrones de tráfico.....	62
4.4.4 Cálculo de los parámetros de servicio.....	66
4.4.5 Especificaciones de la red.....	66
4.4.6 Diagrama final de la red Frame Relay.....	70

<b>CONCLUSIONES</b> .....	72
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	74
<b>BIBLIOGRAFIA</b> .....	75

## **APÉNDICE A**

1. CONCEPTOS DE DIRECCIONAMIENTO .....	76
1.1 COORDINACION DE RUTEO .....	76
1.2 IMPORTANCIA LOCAL DE LOS DLCI .....	76
1.3 TRASLACION DE DIRECCIONES .....	77
2. CONCEPTOS ADICIONALES .....	78
2.1 EL MEJOR RESULTADO CON LA RED.....	79
2.2 TASA DE INFORMACION PROMETIDA (CIR).....	80
2.3 CONTROL DE CONGESTIONAMIENTO.....	80

## **APÉNDICE B**

CONFIGURACIÓN DE REDES FRAME RELAY .....	83
CONTROL DE SEÑALES CONFORME A RECOMENDACIONES DE ITU-T .....	85
LOCAL MANAGEMENT INTERFACE ( LMI ) .....	86

# LISTA DE ILUSTRACIONES

## Capítulo 1

1.1	Elementos básicos de un sistema de comunicación .	1
1.2	Red centralizada.	4
1.3	Red descentralizada.	5
1.4	Conmutación de circuitos.	8
1.5	Conmutación de mensajes.	9
1.6	Conmutación de paquetes.	10

## Capítulo 2

2.1	Operación de la capa física del modelo OSI.	18
2.2	Formato de la trama HDLC.	19
2.3	Operación de la capa de enlace de datos del modelo OSI.	21
2.4	Operación de la capa de control de red del modelo OSI.	22
2.5	Otra forma de la relación entre Frame Relay y las capas del modelo OSI.	25
2.6	Comparación de la arquitectura de los modelos OSI, X.25 y Frame Relay.	29
2.7	Comparación del procesamiento de X.25 y Frame Relay.	31
2.8	Servicios de datos de ISDN.	33

## Capítulo 3

3.1	Configuración de la red Frame Relay.	38
3.2	Formato de la trama Frame Realy y encapsulamiento de las tramas Lan, IP, SNA.	43
3.3	Formato del encabezado.	45

## Capitulo 4

4.1	Conexiones para líneas privadas y conexión a través de Frame Relay.	53
4.2	Relación entre los parámetros Bc, Be, Cir y Tc de Frame Relay.	57
4.3	Conexión actual de instituciones bancarias hacia institución central.	60
4.4	Diagrama general de la red Frame Relay.	62
4.5	Patrón de tráfico por hora.	65
4.6	Formato de la trama para interconectar a las diferentes instituciones participantes.	70
4.7	Diagrama final de la red Frame Relay	71

## LISTA DE TABLAS

1.1	Estructura de Paquetes, Segmentos y Mensajes.	11
2.1	Capas del modelo OSI.	17
2.2	Relación entre Frame Relay y las capas convencionales del modelo OSI.	24
2.3	Documentos de Estandarización producidos por la ITU-T y ANSI.	26
2.4	Acuerdos de Implementación (Implementation Agreements IA's) por el FRF.	27
3.1	Algunas de las empresas que representan a Frame Relay Forum FRF.	39
3.2	Elementos principales utilizados por Frame Relay de la capa 2 del modelo OSI.	41
4.1	Características LAN Vrs. Métodos de transporte de redes WAN.	51
4.2	TC en base a los intervalos valores que pueden ser asignados a Bc, CIR, Be.	56
4.3	Puntos donde se tendrá servicio Frame Relay.	63
4.4	Medición de tráfico en red actual.	64
4.5	Cálculo de ancho de banda.	66
4.6	Parámetros de servicio de la red Frame Relay en estudio.	67
4.7	Mapeo de DLCI's para las diferentes instituciones.	68

## GLOSARIO

**Acces Rate AR ( Tasa de Acceso ) :**

Se refiere a la tasa (velocidad) con la que el usuario accederá al canal. La velocidad de acceso al canal determina cuan rápido el usuario podrá enviar datos dentro de la red Frame Relay.

**ANSI (American National Standards Institute) :**

Institución que propone recomendaciones para estándares internacionales de comunicación.

**Bandwidth ( Ancho de Banda ) :**

Es el rango de frecuencias, expresadas en Kilobits por segundo ( Kbps), que pueden pasar sobre un canal de transmisión dado en una red Frame Relay. El ancho de banda determina la tasa a la cual la información puede ser enviada a través del canal.

**Bridge ( Puente ) :**

Es un dispositivo que soporta comunicaciones LAN a LAN. Un bridge Frame Relay es capaz de encapsular tramas LAN en las tramas de Frame Relay y alimentar estas tramas Frame Relay a un conmutador Frame Relay para ser transmitidas a través de la red y así llegar a otro bridge Frame Relay y devolver la trama LAN original que se deseaba Transmitir. Los Bridges son generalmente utilizados para conectar segmentos LAN a otros segmentos LAN, o WAN. Los Bridges, Rutean Tráfico de nivel 2 del protocolo LAN ( P.Ej. direcciones de Control de acceso del medio).

**Canal ( Channel ) :**

Se refiere al acceso a través de la red ( Línea física ) , esta relacionado con la capacidad que dispondrán los datos para viajar sobre la red. Una línea completa T1 o E1 es considerada un canal. Ver E1 y T1.

**CCITT ( Comité Consultor Internacional de Telegrafía y Telefonía ) :**

Institución que propone recomendaciones para estándares internacionales de comunicación.

**DCE (Data Circuit-Terminating Equipment , equipo terminal de circuito de datos ) :**

Un DCE es un dispositivo que conecta al DTE con la línea de comunicación, los DCE's pueden ser módem, multiplexores . Ver DTE.

**DLCI : ( Data Link Connection Identifier, Identificador de conexión del enlace de datos ) :**

Es un único número asignado a un PVC , circuito virtual permanente, ó a un SVC, circuito virtual conmutado, que nos indica el direccionamiento de los circuitos dentro de la red. Ver PVC y SVC.

**DTE ( Data Terminal Equipment , equipo terminal de datos ) :**

Es un usuario final representado por una computadora, una estación de trabajo, etc.

**E1 :**

Un E1 es un canal de Transmisión de datos que opera a una velocidad de 2.04 Mbps, Consiste de uno o más canales, el E1 puede ser dividido en canales de velocidades múltiples de 64 Kbps ( máximo de 31 ) , sin exceder a 2.04 Mbps que es la máxima capacidad del canal E1.

**Encapsulamiento :**

Es el proceso en el cual un dispositivo interface toma la trama de mensaje de un protocolo y lo introduce dentro de la trama de otro protocolo, por ejemplo Tramas de LAN pueden ser introducidas dentro de las tramas de Frame Relay.

**FCS (Frame Check Sequence, Chequeo de secuencia de Trama) :**

Mecanismo que utiliza Frame Relay para detección de errores , lo contiene cada trama y no es un mecanismo para corrección de errores que sean encontrados.

**Frame Relay Frame (Trama Frame Relay) :**

Es una unidad de datos de longitud variable, en el formato de Frame Relay que es transmitido a través de la red.

**Frame Relay Network :**

Es una red de telecomunicaciones basada en la tecnología Frame Relay.

**HDLC (High Level Data Link Control, El HDLC (High-Level Data Link Control) :**

Es un protocolo de línea considerado como estándar universal ya que es tomado por muchos fabricantes como modelo, desarrollado por la Organización Internacional de Estandarización (ISO). Ver SDLC.

**HOST Computer :**

Es un dispositivo de comunicación que permite a los usuarios correr aplicaciones de programas, desarrollando funciones de edición de texto, ejecución de programas, acceso a bases de datos, etc.

**LAN Protocols :**

Es un rango de protocolos LAN son soportados por redes Frame Relay podemos mencionar TCP/IP (Transmission Control Protocol / Internet Protocol) , XNS (Xerox Network System, IPX ( Internetwork Packet Exchange.

**PAQUETE :**

Es un grupo de datos binarios de longitud fija, incluyendo los datos y las señales de control. Los datos, las señales de control y la información de control de posibles errores, son colocados dentro de un predeterminado formato.

**Packet-Switching Network :**

Es una red de telecomunicaciones basada en tecnología de conmutación de paquetes, donde el canal de transmisión esta ocupado únicamente el tiempo que dura la transmisión del paquete.

**PVC** (Permanent Virtual Circuit, Circuito virtual Permanente) :

Es un enlace lógico permanente utilizado por Frame Relay, entre dos Puntos. Consiste en la orientación de elementos de direccionamiento de la red Frame Relay, por ejemplo orientación de los DLCI (Ver DLCI).

**Q.922 Anexo A (Q.922A) :**

Es el documento internacional standar que define la estructura de las tramas Frame Relay. Basado en el Q.922A el formato de Frame Relay fue desarrollado por la CCITT. Ver CCITT.

**ROUTER :**

Es un dispositivo que soporta comunicaciones LAN a LAN. Un Router Los Router conectan segmentos LAN a otros segmentos LAN, o WAN. Los Routers, Rutean Tráfico de nivel 3 del protocolo LAN . ( Por ejemplo. direcciones de protocolo Internet).

**SDLC** (Synchronous Data Link Control) :

Es un protocolo de comunicación utilizado en IBM (International Business Machine ) , SNA (System Network Architecture, redes que manejan sincronía. SDLC es un protocolo que toma lo más genérico de HDLC.

**SVC** (Switched Virtual Circuit, Circuito virtual conmutado) :

Es un enlace lógico pordemanda temporal utilizado por Frame Relay, entre dos Puntos. Consiste en la orientación de elementos de direccionamiento de la red Frame Relay, por ejemplo orientación de los DLCI (Ver DLCI).

**T1 :**

Un T1 es un canal de transmisión de datos que opera a una velocidad de 1.536 Mbps, consiste en uno o más canales, el T1 puede ser dividido en canales de velocidades múltiplos de 56/64 Kbps ( máximo de 24 ) , sin exceder a 1.536 Mbps que es la máxima capacidad del canal.

## INTRODUCCIÓN

Actualmente el tamaño, la complejidad y el volumen de tráfico de datos ha ido evolucionando de acuerdo a nuevas aplicaciones informáticas, tales como: desarrollos cliente/servidor, aplicaciones con tecnología similar a la utilizada en el www de Internet (World Wide Web), etc. Nuevas aplicaciones semejantes a: Intercambio Electrónico de Datos (EDI), transferencias de ficheros y el explosivo crecimiento de las Redes de Area Local (LAN's), han requerido que sea posible transmitir grandes volúmenes de datos a altas velocidades y en imprevisibles patrones de comportamiento llamados ráfagas de datos. Al mismo tiempo los equipos de procesamiento de datos, los equipos de comunicación de datos y software; han provocado la búsqueda de nuevos niveles de sofisticación en los esquemas de transmisión de datos.

El presente trabajo de tesis da a conocer una nueva tecnología como lo es el protocolo Frame Relay (Relevación de Tramas), como una alternativa de comunicación para transmitir grandes volúmenes de datos a altas velocidades y en ambientes de ráfagas de datos. El enfoque que se presenta es sobre los conceptos de esta tecnología y sobre las consideraciones de diseño que deben tenerse en cuenta, al momento de decidir utilizarla en forma aislada o en combinación con otras tecnologías.

Este trabajo ofrece en sus dos primeros capítulos una introducción a Sistemas de Transmisión de Datos, las bases sobre Conmutación de paquetes conducen al lector a conocer con detalle qué es Frame Relay y su relación con otras tecnologías como X.25 e ISDN. Luego presenta las consideraciones de diseño que se deben tomar en cuenta al momento de implementar una red utilizando esta tecnología, así como las consideraciones especiales para operar en combinación con las tecnologías ya existentes.

Por último se presenta el desarrollo de un caso de diseño de una red Frame Relay con base en los requerimientos de conectividad de varias empresas en el medio nacional.

El uso de Frame Relay abre las puertas a una gran flexibilidad de conexión y este trabajo cumple su objetivo, al describir las bases para establecer la infraestructura de red que permita a muchos usuarios satisfacer sus requerimientos de conectividad.

# CAPITULO 1

<b>1. DEFINICIÓN DE SISTEMAS DE COMUNICACIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 REDES DE DATOS.....</b>	<b>2</b>
<b>1.2 CLASIFICACIÓN DE REDES.....</b>	<b>4</b>
1.2.1 Redes centralizadas .....	4
1.2.2 Redes descentralizadas.....	5
1.2.3 Red de área local ( LAN ).....	6
1.2.4 Redes de largo alcance ( WAN ).....	6
<b>1.3 SISTEMAS DE CONMUTACIÓN DE REDES DE DATOS.....</b>	<b>7</b>
1.3.1 Conmutación de circuitos.....	7
1.3.2 Conmutación de mensajes.....	9
1.3.3 Conmutación de paquetes .....	10

# CAPITULO 1

## 1. DEFINICIÓN DE SISTEMAS DE COMUNICACIÓN

Durante toda la historia del ser humano ha existido transferencia de información ya sea por medio de voz, palabras escritas, señales manuales, señales de humo, fotografías, dibujo, etc. **Comunicación es la transferencia de información de un punto a otro**, por ejemplo ideas y hechos son tipos de información que pueden ser comunicados. Hoy en día, la comunicación juega un papel muy importante en las actividades diarias de todas las personas y organizaciones hasta el punto que estas dependen de una efectiva comunicación para desarrollar con éxito las actividades a las que se dedican.

Un sistema de comunicación se compone de tres elementos esenciales (ver figura 1.1) :

- **Emisor** : Es quien emite el mensaje que se quiere transmitir.
- **Canal** : Es el medio por el cual viajará el mensaje hasta su destino.
- **Receptor** : Es quien recibe el mensaje.

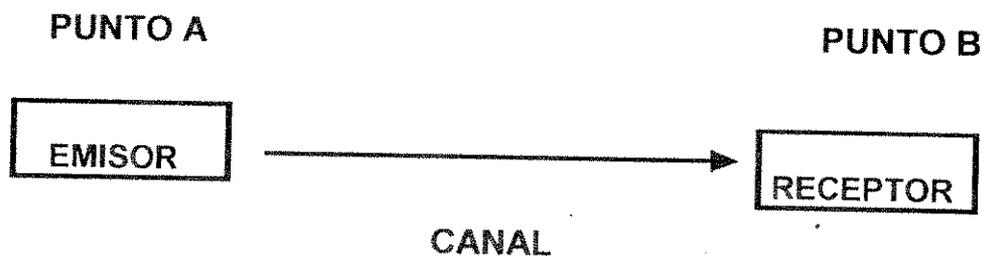


Figura 1.1 Elementos básicos de un sistema de comunicación

Si deseáramos que el punto A recibiera respuesta del punto B debería de existir también en el punto B un sistema de transmisión y en el punto A un sistema de recepción, lo cual permitiría alternar las funciones y el punto B se convertiría en emisor.

## 1.1 REDES DE DATOS

**Una red de datos se puede definir como el conjunto de computadoras, terminales o relación de dispositivos conectados entre sí para facilitar la comunicación.**

En la última década, los computadores han disminuido de tamaño y costo mientras que la capacidad de procesamiento de información ha aumentado. Trabajos realizados en grandes computadores centralizados son ahora realizados en pequeños sistemas distribuidos. Este crecimiento de procesos distribuidos ha dado como resultado cambios fundamentales en la forma que los negocios reúnen, almacenan, procesan y usan la información.

La necesidad de las redes de datos surge de la importancia de acceder la información y distribuirla hacia los puntos de toma de decisiones de las empresas. Lo más importante es que los usuarios de la red pueden comunicar información en una forma rápida, más eficiente y a un bajo costo.

Hemos dicho que una red de datos es el conjunto de computadoras, terminales o relación de dispositivos conectados entre sí para facilitar la comunicación. Basados en esta definición, una red de datos consiste de dos partes:

La primera parte está compuesta de los dispositivos que procesan las funciones de entrada y salida (input/output) de información, estos dispositivos son los que actualmente se comunican con otros para intercambio de datos, lo que nosotros llamamos Emisor y Receptor. Estos incluyen mainframe, mini y macro computadores, sistemas procesadores de palabras y periféricos los cuales son impresoras y dispositivos de almacenaje de la información (discos duros, cintas magnéticas etc.).

La segunda parte es la red en si, la cual muchas veces es referida a la subred de comunicación o subnet. Esto consiste de elementos específicos diseñados para proveer al dispositivo utilizado, del medio de intercambio de información. Los términos más comúnmente utilizados y que describen a estos elementos son: Medio de Transmisión, Protocolos, Nodos, Topología y Dispositivo de Interface.

- **Medio de Transmisión**

Es el enlace físico de comunicación que transporta la información de un nodo a otro. Un enlace de comunicación es referido comúnmente a la línea, canal o circuito.

- **Protocolos**

Es el set de reglas que regulan el intercambio de información entre un dispositivo y otro.

- **Nodo**

Es la ubicación en la red donde un enlace inicia, termina o se intersecta. Un nodo puede ser un dispositivo con un enlace directo hacia la red, o puede ser un dispositivo intermedio que permite la comunicación para uno o mas dispositivos.

- **Topologías**

Es la forma física de interconexión entre nodos. Algunas redes, por ejemplo tienen conexiones punto a punto entre nodos, otras consisten de muchos dispositivos que se comunican entre si, que es conocida como configuración multipunto.

- **Dispositivo de Interface**

Conecta a los dispositivos con lo que permite que interactuen y facilita la comunicación de la red. Un nodo que permita la comunicación de uno o más dispositivos es un tipo de dispositivo de interface.

## 1.2 CLASIFICACIÓN DE REDES

Apesar de que están formadas de los mismos elementos hay muchos tipos diferentes de redes, sin embargo es posible dividirlos en dos clases básicas, centralizadas y descentralizadas. Cuando una red de datos es centralizada o descentralizada depende de como la comunicación entre dispositivos es controlada.

### 1.2.1 Redes centralizadas

En redes centralizadas un solo dispositivo determina cuándo y cómo otros dispositivos pueden acceder a la red y transmitir datos (ver figura 1.2).

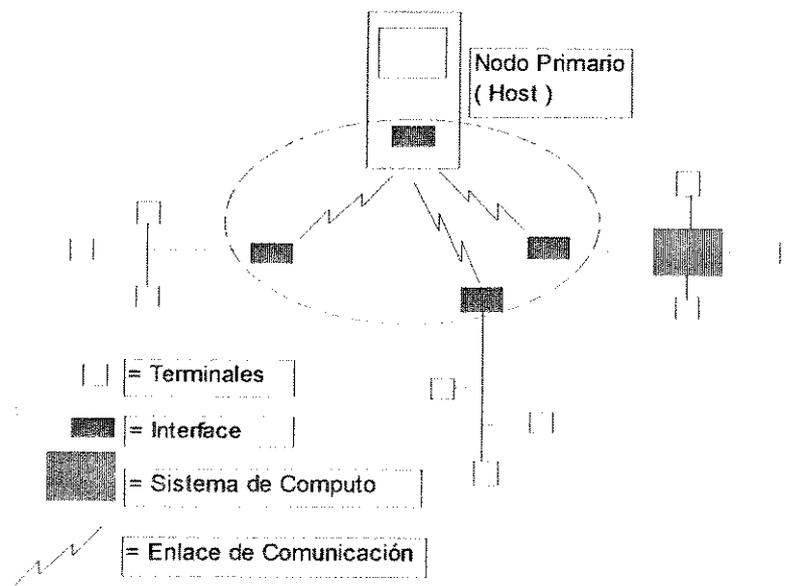


Figura 1.2 Red Centralizada.

Actualmente en nuestro medio las redes centralizadas son las más comúnmente utilizadas, éstas generalmente consisten de un computador central llamado servidor (HOST) o nodo primario y uno o más nodos secundarios los cuales son terminales remotas o terminales de grupo.

El host controla todos los procesos, almacenaje y tareas de comunicación de los nodos secundarios.

Recientemente, las redes centralizadas se están desarrollando para que permitan la comunicación entre sistemas independientes, sin embargo la comunicación es controlada por el nodo primario.

### 1.2.2 Redes descentralizadas

Las redes descentralizadas (o distribuidas) no dependen de un solo host de control de comunicación entre sistemas independientes (ver figura 1.3) . En cambio cada sistema es capaz de acceder la red y transmitir datos sin el uso de algún otro dispositivo de control.

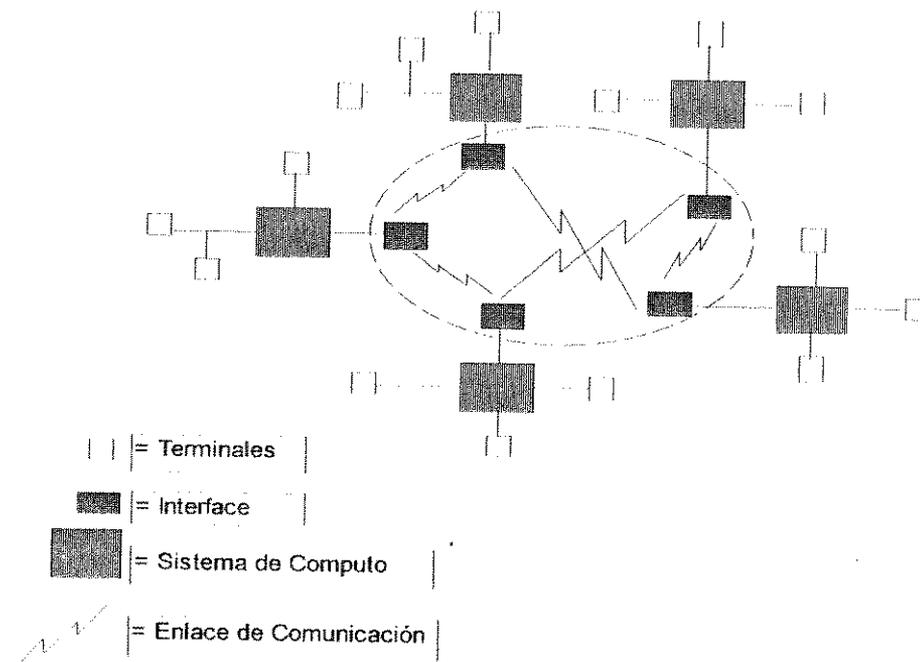


Figura 1.3 Red Descentralizada.

En una red descentralizada los dispositivos de comunicación son todos iguales con respecto a la habilidad del uso de la red. Tal es esta habilidad, que la relación no es de maestro/esclavo sino que la relación de operación es igual para todos los dispositivos conectados.

Ambas redes centralizadas y descentralizadas pueden ser clasificadas también de acuerdo con el espacio geográfico que cubren. Acorde a este método de clasificación, hay dos tipos de redes: redes de área local (Local Area Network ó LAN ) y redes de largo alcance ( Wide Area Network ó WAN ).

### **1.2.3 Red de área local ( LAN )**

Una red de área local ( LAN para abreviar ) es un sistema de comunicación de datos privada, que permite a un conjunto de dispositivos de procesamiento de información comunicarse entre sí a través de un medio común, dentro de un área geográfica limitada y bien definida.

### **1.2.4 Redes de largo alcance ( WAN )**

Una red de largo alcance ( WAN para abreviar) también es un sistema de comunicación de datos privada, la cual a diferencia de las LAN's logra alcanzar distancias de varias millas.

La facilidad de comunicación a larga distancia de una WAN es que es operada por empresas comúnmente llamadas transportadoras o Carriers, las cuales brindan un buen tiempo de respuesta, menores porcentajes de error, mayor seguridad y menor costo. Todo esto lo logran las transportadoras dependiendo de la complejidad de la conmutación que utilicen.

### 1.3 SISTEMAS DE CONMUTACIÓN DE REDES DE DATOS

Algunas veces se requiere intercambio de información entre largas distancias y el emisor y receptor requieren solamente una conexión temporal. Esto es similar a que una persona estando en Guatemala necesite hacer una llamada a España, una o dos veces al mes. En este caso no es necesario crear un enlace dedicado entre los dos puntos para el intercambio de información sino que esta conexión se puede hacer por medio del switcheo o conmutación de los dos puntos a través del mundo por medio de la red telefónica.

Las redes conmutadas o switcheadas permiten a los usuarios o clientes establecer una conexión temporal, punto a punto para transmisión de información. Los dos métodos de conmutación en redes centralizadas son conmutación de circuitos y conmutación de mensajes.

#### 1.3.1 Conmutación de circuitos

La conmutación de circuitos también llamada conmutación de líneas fue primeramente utilizada en redes telefónicas, y luego, se aplicó a redes de datos (ver figura 1.4). La conmutación de circuitos crea una conexión dedicada temporalmente entre dos computadores y requiere que los dispositivos sean compatibles para entablar la comunicación. Esto quiere decir que deben utilizar la misma velocidad, el mismo protocolo y proveer un chequeo de errores. La conexión o conmutación del circuito permanece abierta hasta que la llamada es terminada.

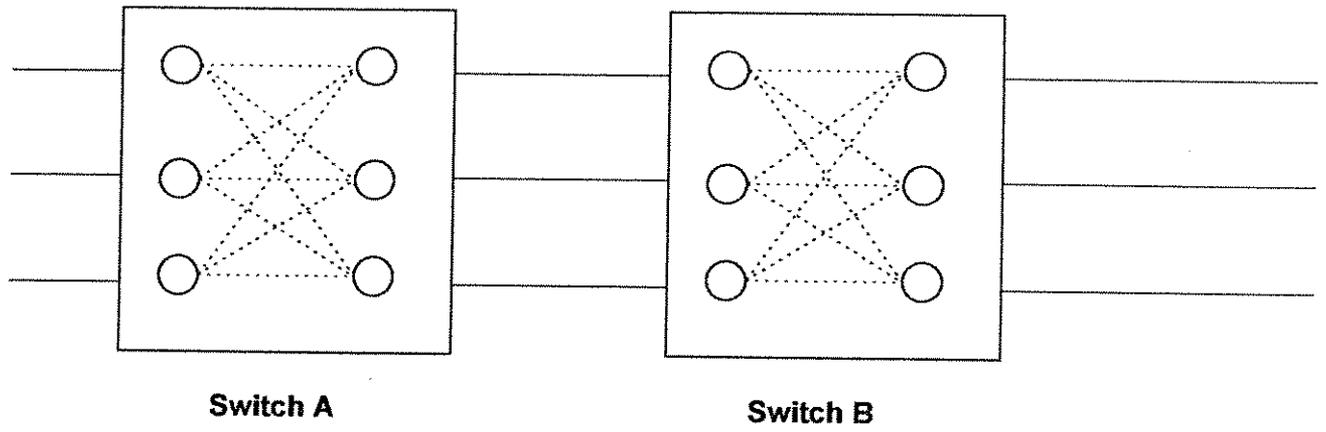


Figura 1.4 Conmutación de circuitos.

La ventaja de la conmutación de circuitos incluye flexibilidad en la configuración de la red y bajo costo de los componentes de la red. Desde el punto de vista de un cliente, las transmisiones largas o transmisiones a grandes distancias la conmutación de circuitos, ofrece servicio a bajo costo comparado con los otros tipos de conmutación.

Entre las desventajas de la conmutación de circuitos podemos mencionar la calidad de la línea, la cual podría introducir una tasa alta de errores, el tiempo que toma la llamada para establecer la comunicación, comúnmente se tiene un retardo de acceso para la conexión en periodos durante los cuales existe un alto tráfico donde no hay circuitos disponibles en la dirección de la llamada.

### 1.3.2 Conmutación de mensajes

La conmutación de circuitos es una forma aceptable de establecer una conexión mientras el emisor y el receptor estén libres para la comunicación al mismo tiempo, o la línea no esté obstruida por mucho tráfico.

Sin embargo existe la posibilidad que la línea se encuentre ocupada al mismo tiempo en que se hace la llamada. Para superar este problema, un método auxiliar llamado conmutación de mensajes es utilizado. Una simple forma de conmutación de mensajes puede ser hecha con la estructura estrella descrita a continuación (ver figura 1.5).

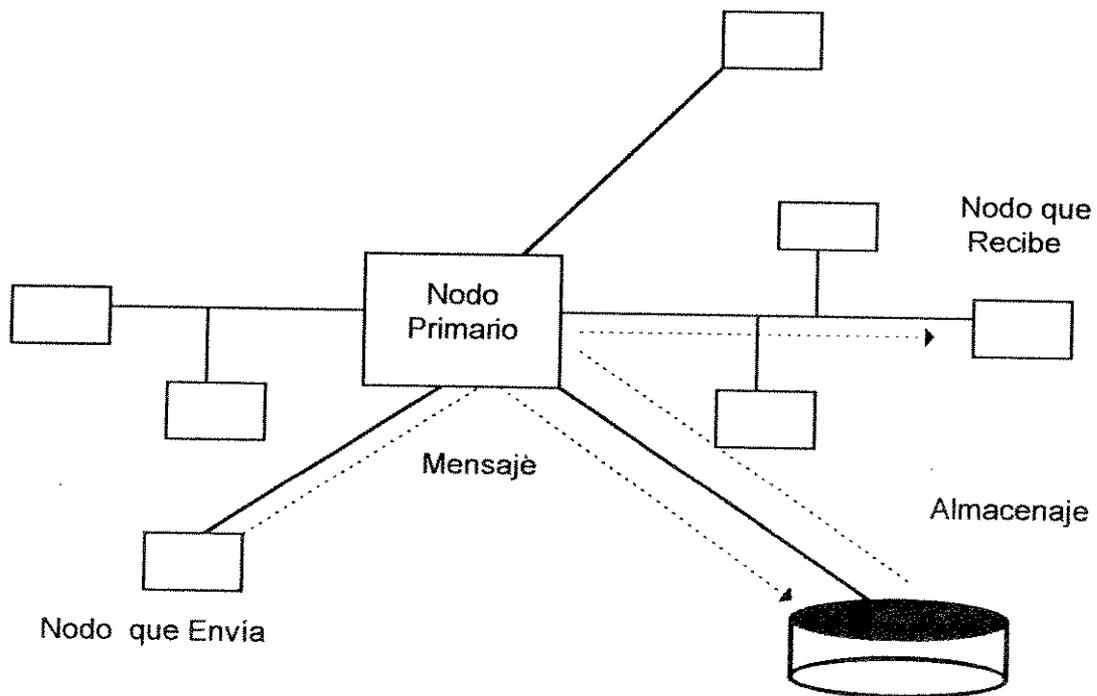


Figura 1.5 Conmutación de mensajes.

Por ejemplo si un nodo de la red necesita enviar datos a otro nodo, este envía el mensaje al nodo primario. El nodo primario hace la llamada al receptor deseado y ve si él está libre para recibir el mensaje.

Si el receptor está libre, el mensaje es transmitido, si no esta libre, el nodo central el cual está equipado con algún dispositivo de almacenaje de mensajes, almacena el mensaje. Cuando el receptor está disponible o listo para aceptar el mensaje, el nodo central toma el mensaje almacenado y lo transmite. Esta forma de conmutación de mensaje es conocida como conmutación de almacenaje- y - envío ( store-and-forward switching). Si por alguna razón, el receptor deseado está fuera de comunicación, el nodo primario retendrá todos los mensajes hasta que el receptor esté disponible.

### 1.3.3 Conmutación de paquetes

Conmutación de paquetes es un método de transmisión de datos de alta velocidad y es una variación de la conmutación de almacenaje- y - envío ( store-and-forward switching), el mensaje es dividido en bloques de longitud fija llamados paquetes. Puede existir más de un nivel de división, de manera que primero se rompe el mensaje en varios segmentos y luego cada uno de éstos en paquetes (ver figura 1.6).

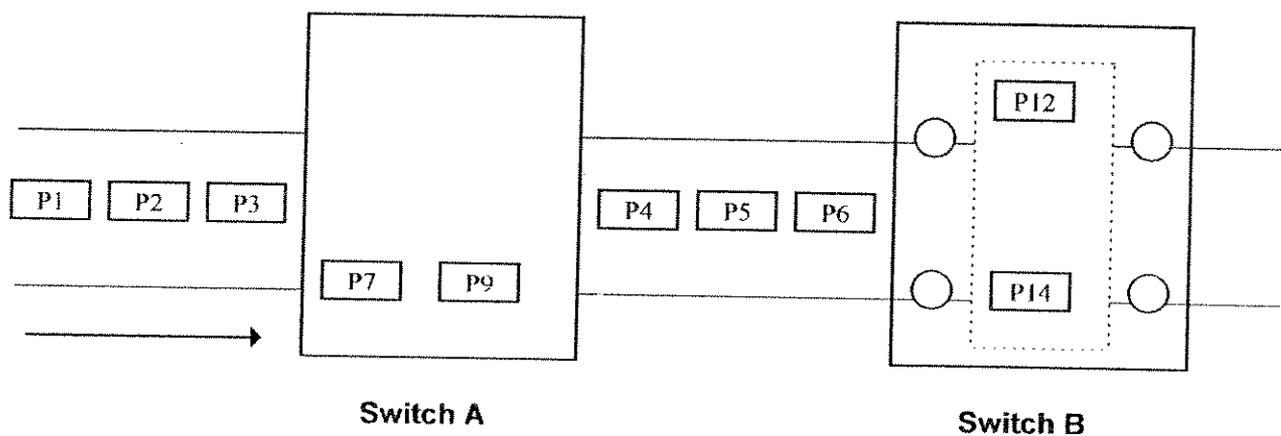


Figura 1.6 Conmutación de Paquetes.

Los mensajes pueden tener cualquier longitud, mientras que los segmentos y los paquetes deben tener una longitud fija preestablecida. Al estructurar cada paquete, éste debe llevar, además de su propia información, información de encabezamiento de direcciones, detección de errores y otros caracteres de control. Estos caracteres conforman la trama del mensaje (ver tabla 1.1).

Paquete	Inicio de trama	Encabezado de paquete	Paquete n bits	Control de errores	Fin de trama
Segmento	Encabezado	Segmento M bits	Control de errores		
Mensaje	Mensaje de longitud L bits				

Tabla 1.1 Estructura de paquetes, segmentos y mensajes.

Los paquetes se mueven a través de la red, de nodo a nodo. Los nodos de la red reciben y envían los mensajes y controlan el estado de transmisión de los mismos. Además, proveen las funciones de conmutación, el enrutamiento de los mensajes en la red hacia el destino correcto, participan en la prevención de estados de congestión y en el uso eficiente de los recursos de la red.

Cada nodo después de recibir un paquete, lo envía al siguiente nodo en la ruta hacia el destino y retiene una copia hasta que se asegura de que fue recibido correctamente, y luego, destruye la copia.

Los paquetes que pertenecen a un mismo mensaje son retenidos en el nodo de destino en buffers que permiten reensamblarlo cuando han sido recibidos todos los paquetes que conforman el mensaje. Por último, el nodo de destino envía el mensaje ya ensamblado hacia el terminal de destino.

Para poder reensamblar el mensaje en el nodo de destino, es necesario, primero: que cada paquete lleve un número de orden que permita determinar la secuencia correcta del mismo, y segundo, que cada vez que un nodo de la red reciba un paquete responda al nodo que se lo envió con un acuse de recibido positivo o negativo si el paquete arribó sin errores o con error, respectivamente. Estos dos aspectos del funcionamiento de la red son indispensables pero, a su vez, pueden ser una posible fuente de errores.

Los errores más comunes introducidos por la red son: la secuencia errónea de los paquetes debido a los diferentes retardos que sufre cada paquete que toma un camino distinto entre origen y destino ( lo cual permite por ejemplo, que el paquete  $n+1$  llegue al destino antes que el paquete  $n$  ) y los paquetes duplicados o perdidos, debido a errores en la transmisión y/o recepción de los acuses de recibido.

Existen dos tipos de esquemas de transmisión de paquetes, uno lo conforma el "Datagrama" y el otro la "Ruta Virtual".

- **El datagrama**

En el servicio datagrama, cada paquete que entra a la red es tratado como un único mensaje, el cual no tiene relación con otros paquetes. Cada paquete es recibido y enviado de la forma antes mencionada, este servicio es utilizado para transferir paquetes de mensajes únicos y cortos.

- **La ruta virtual**

Para un mensaje que está conformado por múltiples paquetes, un servicio llamado ruta virtual es el normalmente seleccionado para su transmisión . La ruta virtual se establece entre dos puntos de la siguiente forma, antes de que cualquier información sea transmitida, la terminal origen envía un paquete especial de requerimiento de llamada, este paquete contiene además de su destino físico, la dirección de red de la terminal

destino, la cual es un número de referencia llamado identificador de circuito virtual (VCI, virtual circuit identifier). Si la llamada es aceptada por la terminal destino, un paquete de respuesta es enviado a la terminal origen. En este punto, se dice que existe una ruta virtual entre las terminales origen y destino.

La conmutación de paquetes ofrece muchas ventajas en costo y eficiencia, y si ocurre un corte de comunicación en un segmento de la red, el tráfico no se para sino que puede utilizar una ruta alterna.

## CAPITULO 2

<b>2. RELEVACIÓN DE TRAMAS - RT (FRAME RELAY - FR).....</b>	<b>14</b>
<b>2.1 DEFINICIÓN DE RELEVO DE TRAMAS .....</b>	<b>14</b>
<b>2.2 DESCRIPCIÓN DEL ESTÁNDAR OSI .....</b>	<b>15</b>
2.2.1 Capa de control de interconexión física ( Physical Layer ) .....	17
2.2.2 Capa de control de enlace de datos ( Data Link Layer ) .....	19
2.2.3 Capa de control de Red ( Network Layer ) .....	21
<b>2.3 RELACIÓN ENTRE FRAME RELAY Y EL ESTÁNDAR OSI.....</b>	<b>23</b>
<b>2.4 ESTÁNDARES DE RELEVO DE TRAMAS (FRAME RELAY).....</b>	<b>25</b>
<b>2.5 RELACIÓN DE RT (FR) CON OTROS SISTEMAS DE CONMUTACIÓN DE</b>	
<b>PAQUETES.....</b>	<b>28</b>
2.5.1 X.25 basado en conmutación de paquetes.....	29
2.5.2 Servicios ISDN.....	33
2.5.3 Servicios de datos de SMDS .....	35

## CAPITULO 2

### 2. RELEVACIÓN DE TRAMAS - RT (Frame Relay - FR)

#### 2.1 DEFINICIÓN DE RELEVO DE TRAMAS

Relevo de tramas o Frame Relay es uno de los nuevos protocolos de comunicación en el mundo, que se caracteriza por tomar ventaja de la alta capacidad de transmisión que se consigue al momento de conocer y aplicar correctamente las técnicas de conmutación de paquetes.

Frame Relay es un protocolo que al transmitir un mensaje elimina todos los procesos de corrección de errores, pero no así los procesos de detección de los mismos. Al eliminar los procesos de corrección de errores le permite ganar tiempo de transmisión, lo que lo hace un protocolo muy veloz comparado con otros protocolos que sí realizan esta función.

Como podemos ver, Frame Relay aprovecha la magnífica forma de operación de la conmutación de paquetes descrita en el capítulo anterior, y eliminando los procesos de corrección de errores se consigue un protocolo de alta capacidad de transmisión.

La conmutación de paquetes, que es la base de Frame Relay es bien conocida en nuestros días. Esta fue introducida en el negocio de las comunicaciones alrededor de unos veinte años atrás, a través de: Arquitectura de Sistemas de Red (SNA, Systems Network Architecture) de IBM, X.25 que fue definido por la Organización Internacional de Estandarización (ISO, International Standards Organization), el International Telecommunication Union (ITU, international Telecommunication Union), y también el ARPAnet, progenitor del Internet.

La forma de conmutación de paquetes conocida como Frame Relay surge de la convergencia de varios factores: La necesidad de una tecnología de alta velocidad de paquetes que pudiera manejar la interconexión de redes de área local (LAN), la necesidad de integrar el tráfico derivado de circuitos y aplicaciones de LAN sobre la misma línea, y el deseo de vendedores de equipo de comunicación y empresas transportadoras (Carriers) de dar un servicio de alta velocidad de paquetes para comunicación de área ancha, lo más simple y rápido posible.

## **2.2 DESCRIPCIÓN DEL ESTÁNDAR OSI**

Para entender con claridad la relación que existe entre Frame Relay y el Estándar OSI, comenzaremos describiendo qué es el Estándar OSI y algunos de sus componentes.

Existe un caos entre los múltiples fabricantes en el sentido de crear sistemas y equipos informáticos para lograr que todos sean compatibles. Ha habido resistencia de muchos de ellos para unirse y establecer un procedimiento normalizado que permita la conexión de equipos que provienen de diferentes fabricantes. Sin embargo, ese caos en perjuicio de los usuarios, condujo a la ISO y al CCITT a establecer el modelo OSI.

La Organización Internacional de Estandarización (ISO International Standard Organization ) en 1979, estableció un comité para desarrollar una estructura de sistemas. El resultado fue el modelo OSI ( Open System Interconnection ), el cual es un modelo de referencia para definir estándares para la creación y definición de productos informáticos (Hardware y Software) heterogéneos y compatibles.

El término “ **abierto**” (Open) denota la habilidad de cualquier par de sistemas para ser conformados, según el modelo de referencia y así poderse conectar. Básicamente la idea del modelo OSI es reunir las funciones similares de comunicación, ( desde el nivel de aplicación del usuario hasta el nivel físico de conexión) y agruparlas en estratos o capas funcionales, de tal forma que cada estrato o capa es independiente del otro.

OSI pone atención al intercambio de información intersistemas y no al funcionamiento interno de un sistema; el modelo de referencia constituye un marco de trabajo para desarrollo de protocolos estándares para la comunicación entre dos capas homónimas o estratos ubicados en equipos separados; no estandariza los formatos para la comunicación entre capas adyacentes.

- **Capas del OSI**

El modelo OSI define una arquitectura completa que tiene siete capas. No hay una razón específica del porqué sean siete y no seis u ocho; simplemente las funciones que se deben realizar forman siete grupos, cada una de las 7 capas (niveles como también se les conoce) tiene su denominación y funciones que se describen en la tabla 2.1. Sin embargo, se considera conveniente recordar antes dos términos muy comunes en este tema:

#### **Protocolo**

Es un conjunto de reglas para establecer enlaces y efectuar transmisiones de datos entre equipos terminales de datos similares.

#### **Interfaz**

Se describe como algún módulo adecuado para ejecutar, por lógica alambrada o no alambrada o una combinación de ambas ; un conjunto de reglas para transferencia de datos entre etapas disímiles de un sistema o sistemas, de procesamiento digital.

	<b>Capa</b>	<b>Abreviación</b>
7	de Aplicación .	<b>A</b>
6	de Presentación	<b>P</b>
5	de Sesión	<b>S</b>
4	de Transporte	<b>T</b>
3	Control de red (Network)	<b>N</b>
2	Enlace de datos (Data Link)	<b>D</b>
1	Interconexión Física	<b>P</b>

Tabla 2.1 Capas del modelo OSI.

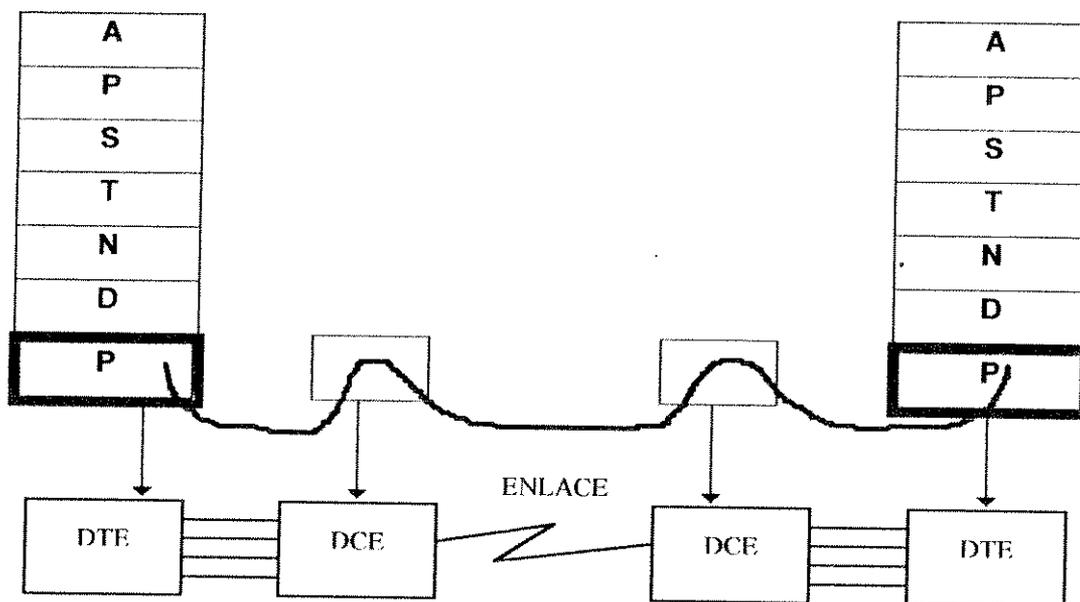
### **2.2.1 Capa de control de interconexión física ( Physical Layer )**

Toma en cuenta las características mecánicas (por ejemplo, conectores), eléctricas (como niveles y variaciones de voltaje particulares), funciones y procedimientos ( reglas para duración y desplazamiento de los dígitos no estructurados) para cada una de las partes del acoplamiento físico entre equipos de cómputo digitales y el equipo de transmisión de datos ( a lo largo del medio de transmisión). En este nivel se usan las normas RS-232-C, y en algunos casos las RS-440/422/423 y partes de la X21.

Observando esas características, la capa física es la responsable de activar, mantener y desactivar un circuito físico entre el equipo terminal de datos [data terminal equipment (DTE)] y el equipo terminal de circuito de datos [data circuit-terminating equipment (DCE)] y la comunicación entre los DCE's.

Un DTE es un usuario final representado por una computadora, una estación de trabajo, etc.. Un DCE es un dispositivo que conecta al DTE con la línea de comunicación, los DCE's pueden ser módem, multiplexores, etc. ver figura 2.1.

Nótese que esta capa constará de equipos y accesorios (posiblemente de lógica alambrada) de los diferentes medios de transmisión posibles entre puntos terminales. Por lo tanto, será el nivel que seguramente tendrá la mayor influencia en la determinación del límite superior del ancho de banda, y por esto, en la mayor rapidez de transmisión permisible.



#### Operación Física

Señales Eléctricas: ej. 1 = +V, 0 = -V

Medio :ej. Fibra óptica, Coaxial ; Conectores: ej. DB25, RJ45

Modulación (analógicas): ej. FM, PM ; Velocidades: ej. 19.2 Kbps

Codificación (Digitales): ej. RZ, NRZ ; Sincronización: ej. Relojes

Figura 2.1 Operación de la capa Física del modelo OSI.

## 2.2.2 Capa de control de enlace de datos ( Data Link Layer )

Provee la conexión lógica a través del enlace, direccionamiento, secuencia y corrección de errores en los bloques de datos transmitidos, (HDLC).

El HDLC (High-Level Data Link Control) es un protocolo de línea considerado como estándar universal ya que es tomado por muchos fabricantes como modelo.

Los datos en HDLC se organizan en "Tramas"; la trama es un encuadre de los datos según un formato conocido ( figura 2.2). Uniendo las funciones de las capas 1 y 2 pueden conectarse a nivel de trama dos equipos adyacentes en forma física y lógica, pueden entonces intercambiar mensajes.

Bandera	Dirección	Control	Información	Chequeo sequ.	Bandera
8 bits	8 bits	8 bits	n/8 bits	16 bits	8 bits

n = múltiplo de 8

Figura 2.2 Formato de la Trama HDLC.

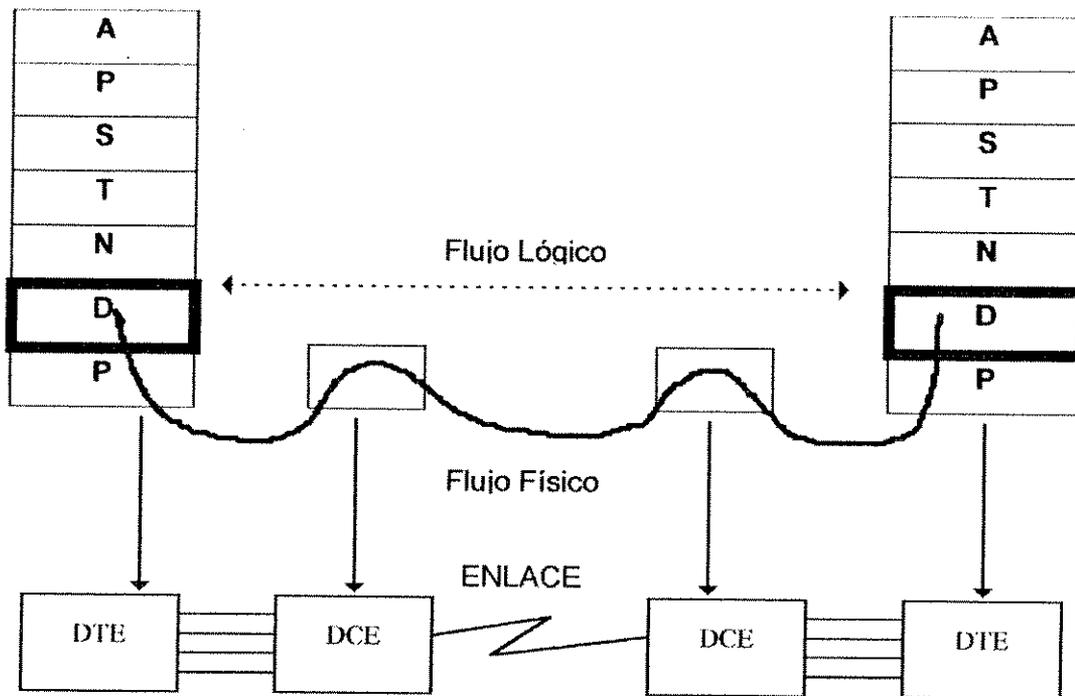
Esta capa generalmente (pero no siempre) nos asegura que la llegada de datos al DTE receptor no se sobrecargará debido a que esta capa maneja el control de flujo de datos y que el tráfico arribará correcto, ya que una de las funciones más importantes que provee esta capa es la detección de errores y puede proveer mecanismos para recobrar los datos perdidos, duplicados o erróneos.

La forma de operación es que el tráfico es controlado por el intercambio de reconocimientos positivos (ACK's acknowledgments ) o reconocimientos negativos (NACK's Negative acknowledgments ) entre la estación que envía y la estación que recibe.

Señales especiales son utilizadas en la capa de enlace de datos (Data Link Layer) para determinar cuándo el tráfico inicia o termina, estas señales son conocidas como bytes de sincronismo (sync bytes), banderas (Flags), o simplemente, como bit de inicio y bit de parada ( start or stop bit).

Muchos enlaces de datos son los responsables de enviar o proveer la señal de recepción lista (RR receive ready) y recepción no lista ( RNR receive not ready) para el control de flujo. Otro método de control de tráfico es por medio de la emisión de una señal de poleo. El poleo es una solicitud de datos generado de una máquina a otra máquina. La capa de enlace de datos puede utilizar números de secuencia, estos números son chequeados por la estación que recibe para asegurar que todo el tráfico por medio del enlace ha sido recibido en el orden apropiado.

Estos también son usados por la estación que recibe para enviar de vuelta un reconocimiento positivo ACK a la estación que transmite. En la figura 2.3 se muestran los servicios más comúnmente ofrecidos por la capa de enlace de datos.



Operación de la capa de enlace de datos

Control de Tráfico: ej. ACK, NACK ; Detección de Tráfico :ej. Sinc, Start bit, Flag

Control de flujo: ej. RR (Receive Ready) ; Control de Tráfico: ej. Poleos

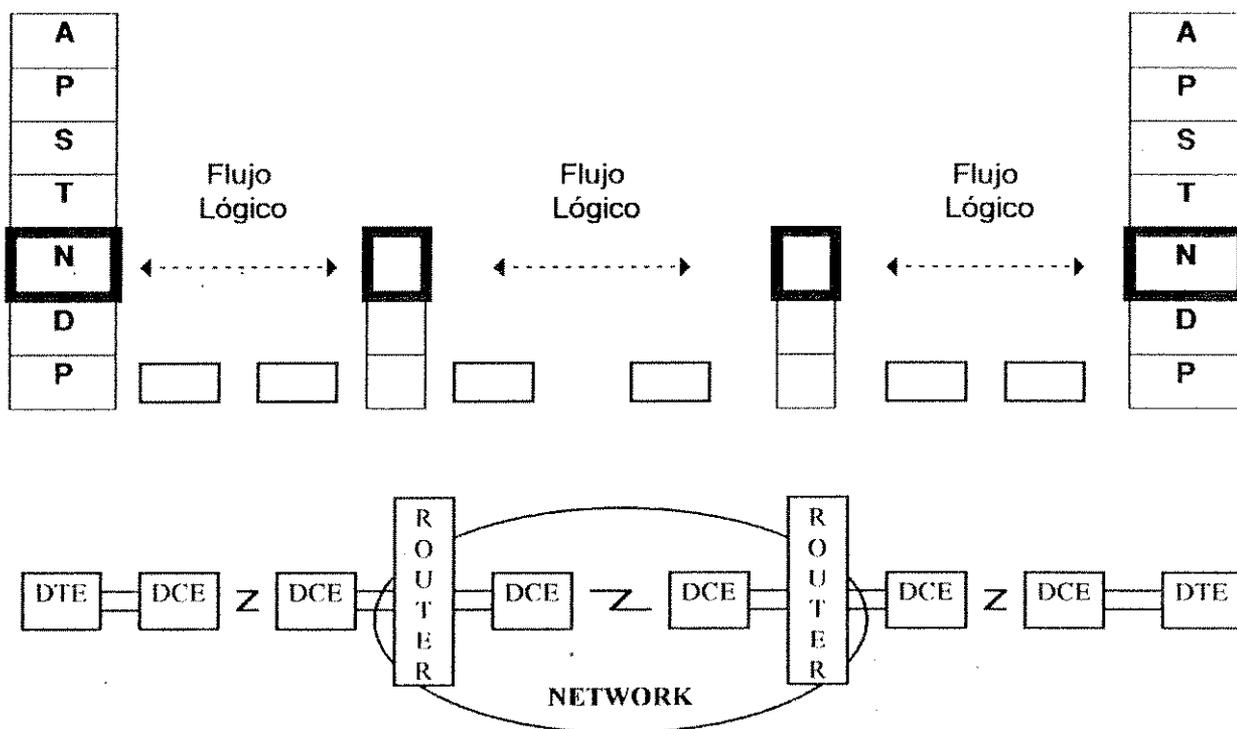
Secuencia: ej. envío nr & recibo nr

Figura 2.3 Operación de la capa de enlace de datos del modelo OSI.

### 2.2.3 Capa de control de Red ( Network Layer )

Controla la transmisión de paquetes de información entre equipos adyacentes y provee funciones de encaminamiento para equipo no adyacente, notificación de errores y opcionalmente segmentación. En esta capa se determina el formato del campo de información de la trama, y es a este campo al que se le denomina paquete. El término "paquete" es muy popular en el medio de redes Teleinformáticas a raíz de la difusión del uso de redes X.25 o de conmutación de paquetes como se les conoce.

La capa de control de red define los procedimientos de conmutación/ruteo en una red. Esto incluye la convención de ruteo, transferencia de tráfico entre redes (internetworking, interconexion), también usa números de secuencia y capacidades de control de flujo ; pero estas operaciones son usadas en la interface usuario-a-red para controlar tráfico dentro y fuera de la red, y no en el enlace (esto está en la capa de enlace de datos). En la figura 2.4 veremos los servicios más comúnmente ofrecidos por la capa de control de red (Network Layer).



Operación de Control de red:

Control de Tráfico: ej. dentro de 

Ruteo :ej. Selección del siguiente nodo ; Control de flujo: ej. RR (Recive Ready)

Secuencia: ej. envío nr & recibo nr ; Calidad de servicio: ej. Retardos, rendimiento.

Figura 2.4 Operación de la capa de Control de Red del modelo OSI.

Las capas superiores del OSI son orientadas al sistema y a las aplicaciones mientras que las tres más inferiores lo están a la transmisión; estas últimas ya fueron descritas y las primeras no serán descritas ya que no son utilizadas en redes que utilizan tecnología de Relevó de Tramas.

### **2.3 RELACIÓN ENTRE FRAME RELAY Y EL ESTÁNDAR OSI**

Frame Relay está diseñada para eliminar y/o combinar ciertas operaciones residentes en las capas 2 y 3 de un modelo de comunicación de datos de siete capas. Esta implementa los aspectos de multiplexación estadística encontradas en el protocolo X.25, y la eficiencia de conmutación de circuitos encontrada en el protocolo TDM (multiplexación por división de tiempo).

Los efectos en la red de este aprovechamiento son:

- Eleva el rendimiento,
- Reduce los retardos,
- Ahorra ciclos de CPU dentro de la red porque algunos servicios son eliminados.

Esto reafirma que Frame Relay provee mejor calidad de retardos que X.25, pero ésta no puede igualar a la calidad de TDM, porque TDM hace pequeños procesamientos de tráfico. Por otro lado Frame Relay ( y X.25) soportan longitudes variables de unidades de datos, lo cual sirve para un arreglo flexible cuando interconectamos diferentes tipos de redes (LANs y WANs).

Sin embargo, las unidades de datos variables se traducen en retardos variables. Consecuentemente, Frame Relay no tiene un buen desempeño en sistemas que son sensibles a retardos (digitalización de voz, compresión de video). La tabla 2.2 muestra la relación entre Frame Relay y las capas convencionales del modelo OSI.

FR elimina los siguientes aspectos de operación de la capa 3:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La mayoría del manejo de diagnóstico de paquetes.</li> <li>• números de secuencia</li> <li>• ACKs y NAKs</li> </ul>
FR elimina los siguientes aspectos de operación de la capa 2:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La mayoría del manejo de supervisión de tramas</li> <li>• Administración del flujo de control</li> <li>• ACKs y NAKs</li> <li>• números de secuencia</li> </ul>
FR utiliza algunos aspectos de STDM Esto significa que Frame Relay:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Trabaja bien en ambientes donde el volumen de transmisión es alto.</li> <li>• No está hecho para tráfico sensible a retardos</li> </ul>

Tabla 2.2 Relación entre Frame Relay y las capas convencionales del modelo OSI.

En la figura 2.5 se representa una comparación entre la operación convencional y la operación de Frame Relay. El protocolo de comunicación de datos convencional, está conformado por la capa física, de enlace de datos, y de control de red. Estas capas representan la operación convencional, Por ejemplo:

- La capa física es responsable de proveer conexiones, y señalización física.
- La capa de enlace de datos es responsable de chequeo de errores y retransmisión de tráfico corrupto que pueda aparecer en el enlace de comunicación.
- La capa de control de red es responsable de manejar el tráfico dentro de la red, establecer conexiones virtuales, y negociar la calidad de servicio entre la red y el usuario.

En contraste, Frame Relay utiliza solamente una pequeña parte de la capa de control de red y varios aspectos de la capa de enlace de datos. La eliminación de estas funciones provee de mínimos servicios ( rápidos y eficientes ), los cuales requieren que operaciones adicionales sean ejecutadas en las capas superiores, típicamente localizadas en el computador del usuario.

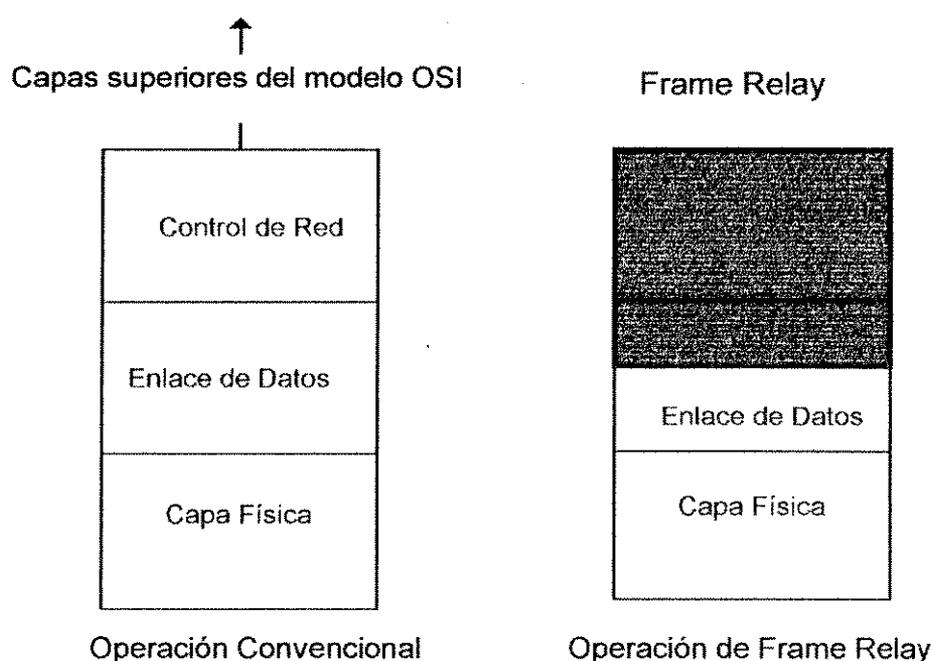


Figura 2.5 Otra forma de la relación entre Frame Relay y las capas del modelo OSI.

## 2.4 ESTÁNDARES DE RELEVO DE TRAMAS (FRAME RELAY)

Hasta el momento tres organizaciones han escrito los documentos que regulan la implementación de RT: ANSI, ITU-T, y Frame Relay Forum ( FRF ). Los documentos de estandarización de estas organizaciones describen cuatro áreas: **Arquitectura y servicios**, **Señalización de acceso**, **Transferencia de datos** y **Administración de circuitos**.

Los documentos de la Arquitectura y servicios definen las funciones de Frame Relay, los documentos de transferencia de datos describen los formatos utilizados para transferir información entre usuarios de la red, esto quiere decir que se describe el núcleo de la interface de relevo de tramas o sea el grado de servicio de la capa de enlace de datos (Capa 2 del modelo OSI) , el documento de Administración de circuitos, trata la administración de interfaces entre el equipo terminal y la red, así como el control de congestión de la red. Finalmente el documento de Señalización de acceso define los mensajes utilizados para establecer y desconectar una conexión de relevo de tramas. En la tabla 2.3 se listan los documentos que se han producido por la ITU-T y ANSI:

DOCUMENTO	ESTÁNDAR ITU-T	ESTÁNDAR ANSI
Descripción de Arquitectura y servicio	I.233	T1.606
Transferencia de datos, grado de servicio de capa 2 Data Link	Q.922 ANEXO A	T1.618
Direccionamiento de circuitos Permanent Virtual Circuit (PVC)	Q.933 ANEXO A	T1.617 ANEXO D
Control de congestionamiento de la red	I.370	T1.606a
Señalización de acceso ( SVC ) Switched Virtual Connection	Q.933	T1.617

Tabla 2.3 Documentos de estandarización producidos por la ITU-T y ANSI:

Otros estándares ITU-T/ANSI, que son relevantes y que han sido definidos para la arquitectura ISDN (Red digital de servicios Integrados - Integrated Services Digital Network) y otros protocolos son:

ESTÁNDAR	DESCRIPCIÓN
Q.920 (T1.602)	Conceptos , terminología y descripción de el procedimiento de ACCESO-ENLACE en el canal D ( LAPD ).
Q.921 (T1.602)	Estructura de la trama del LAPD, procedimiento de elementos, formato de campos, y procedimiento de operación.

En 1991 un grupo de empresas Carriers y vendedores de equipo de transmisión de datos, se unieron para formar la Organización Frame Relay Forum ( FRF ), debido a que los estándares nacionales e internacionales no especificaron a detalle ciertos parámetros individuales del protocolo, como lo era el máximo tamaño de las tramas transmitidas. El FRF trabaja para el desarrollo de la tecnología Frame Relay, mejorar los estándares existentes, y facilitar la interoperabilidad de múltiples vendedores. Los documentos desarrollados por esta organización son llamados Acuerdos de Implementación (Implementation Agreements IAs ). (Ver tabla 2.4)

ESTÁNDAR	DESCRIPCIÓN
FRF.1	Describe la Interface Red-Usuario ( User-Network Interface UNI )
FRF.2	Describe la Interface Red-Red ( Network-Network Interface NNI )
FRF.3	Encapsulación de Multiprotocolo
FRF.4	Conmutación de circuitos virtuales ( Switched Virtual Circuit SVC )
FRF.5	Interconexión entre Frame Relay/ATM (ATM Asynchronous Transfer Mode)
FRF.6	Administración de servicio de la red Frame Relay

Tabla 2.4 Acuerdos de Implementación (Implementation Agreements IA's) por el FRF.

Los documentos de la ITU-T, ANSI, Y FRF están íntimamente relacionados, algunos de los acuerdos de implementación ( FRFIAs ), son derivados de estos estándares ITU-T, ANSI. Por ejemplo : El estándar de ITU-T Q.931 ( ANSI T1.607 ), es un estándar para el control de llamadas de la capa tres de una red ISDN. El estándar ITU-T Q.933 (ANSI T1.617 ) es un estándar que especifica el control de llamadas básico para un modo de tramas. El acuerdo de implementación FRF.4, el cual detalla los servicios ofrecidos por los SVC a las interfaces Red - Usuario, es derivado de la unión de estos dos estándares.

## **2.5 RELACIÓN DE RT (FR) CON OTROS SISTEMAS DE CONMUTACIÓN DE PAQUETES**

Frame Relay es un protocolo de acceso, diseñado para interfazar sistemas de datos a una vía de red (Backbone network). Frame Relay puede ser utilizada en combinación con tecnologías como conmutación de paquetes X25., ISDN y SMDS (switched multi-megabit data service). Todas estas tecnologías tienen ciertos atributos en común con Frame Relay los cuales son:

- Una variable línea de velocidad de interface desde 64kbps hasta 2.08 Mbps.
- Ancho de banda por demanda de servicio, proveyendo un costo efectivo al mecanismo de transporte de datos.
- Una infraestructura digital, ofreciendo una baja tasa de errores.

Sin embargo, mientras todas estas tecnologías presentan atributos similares, los servicios que éstas ofrecen al usuario son diferentes, los cuales se presentan a continuación.

### 2.5.1 X.25 basado en conmutación de paquetes

X.25 es la tecnología más similar en naturaleza y operación a Frame Relay. La siguiente gráfica ( figura 2.6 ) nos compara la arquitectura de estas dos tecnologías tomando como referencia el modelo OSI. Como podemos ver, X.25 utiliza las tres capas inferiores del modelo OSI, utilizando varios estándares para la capa física (Physical Layer) como lo es el EIA-232 o X.21.

Para la capa de enlace de datos (Data Link Layer) el procedimiento de acceso a Enlace-Balanceado ( Link Acces Procedure- Balanced LAPB), y la capa de protocolo de paquetes ( Packet layer Protocol PLP) en la capa de red (Network Layer). Por arriba de la capa de red, no tiene ninguna interacción el protocolo X.25, es decir la información de las capas altas pasan transparente entre el equipo terminal vía la red.

#### Modelo de Referencia OSI

Application			
Presentation			
Session		X.25	
Transport			Frame Relay
Network		PLP	
Data Link		LAPB	LAPF Core
Physical		Physical	Physical

LAPB : Procedimiento de Acceso a Enlace- Balanceado ( Link Acces Procedure- Balanced).

LAPF : Link Acces Procedure to Frame Mode bearer Services

PLP : Capa de protocolo de paquetes ( Packet layer Protocol PLP)

Figura 2.6 Comparación de la arquitectura de los modelos OSI, X.25 y Frame Relay.

El protocolo Frame Relay utiliza interfaces estándares, como la EIA-232, V.35 para la capa física. La capa de enlace de datos utiliza elementos, llamados procedimientos centrales, definidos por el estándar Q.922, Especificaciones de enlace de datos ISDN para servicio portador en modo de Tramas.

Estas especificaciones son basadas en una extensión de el LAPD definido en Q.921. Porque los procedimientos aplican a los servicios de Frame Relay, el protocolo Q.922 es llamado procedimientos de enlace para servicio portador en modo de tramas (Link Acces Procedures to Frame Mode Bearer Services (LAPF)). La figura 2.7 muestra cómo X.25 y Frame Relay procesan las tramas y paquetes, ilustrando las diferencias funcionales de dichas tecnologías.

Como podemos ver, el proceso de X.25 es más complejo que la forma en que opera Frame Relay.

X.25 comienza en el nivel 2 analizando si la trama es válida y chequeando cuándo la trama contiene datos o información de control. Los dos dispositivos X.25 que son usuarios finales también invocan funciones, las cuales son de flujo de control, secuencia de control, reconocimientos positivos (acknowledgements), y recuperación de errores.

Funciones similares ocurren en la capa 3, pero el equipo terminal representa estas operaciones en el PLP (capa de protocolo de paquetes) en las tramas de LAPB. Los datos también son multiplexados dentro de uno de los posibles números de canales lógicos (Logical Channel Number LCN's) de esta capa. Debemos notar que muchas de las funciones de la capa de Red (Network Layer), son de secuencia, de control, de recuperación de errores, y reconocimientos positivos, que son funciones paralelas a las realizadas por la capa de enlace de datos. Cuando los procesos de tramas y paquetes son completados, el paquete es manejado por el protocolo de la capa superior (Upper Layer Protocol ULP) para después decodificarlo.

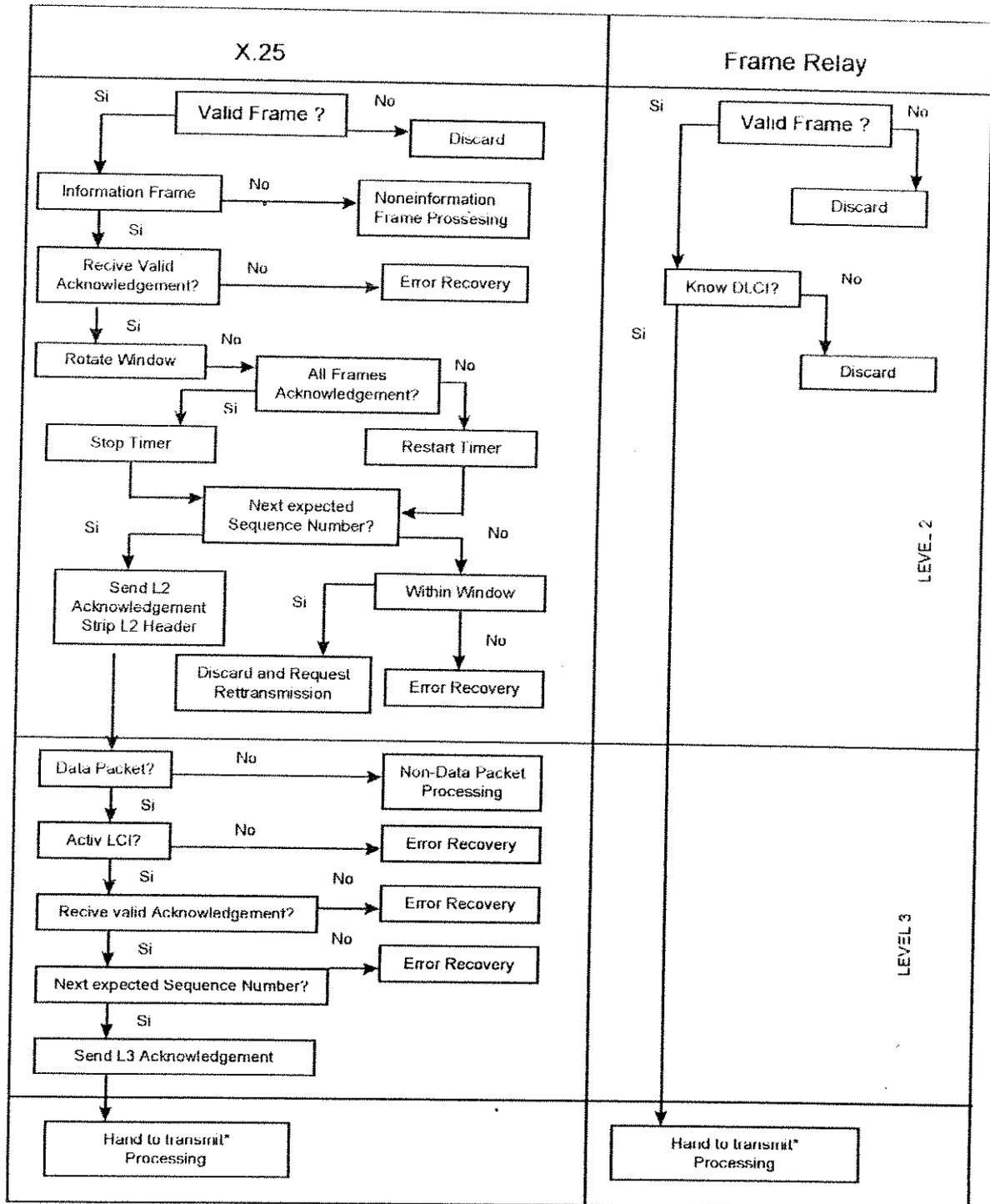


Figura 2.7 Comparación del procesamiento de X.25 y Frame Relay.

Frame Relay utiliza una forma más simple de aprovechamiento. En la figura 2.6 mostramos que la arquitectura de Frame Relay consiste de una limitada parte de la capa de enlace de datos y ninguna participación en la capa de red. La secuencia del proceso de tramas utilizado por Frame Relay es muy simple.

El LAPF funciona primero determinando cuándo la trama es válida ( que es cuando la trama está en el formato y longitud correctos) . Esto es revisado por la secuencia de chequeo de tramas (Frame Check Sequence FCS). Si la trama es válida, el procesamiento continúa ; si no, la trama es descartada. A continuación, estas funciones examinan el Identificador de Conexión del enlace de datos (Data link connection Identifier DLCI) o el número de canal con que la trama será validada. El DLCI ejecuta la multiplexación lógica, permitiendo que existan múltiples canales lógicos en un simple canal físico. A diferencia de X.25, el cual maneja estas funciones en la capa de red, Frame Relay lo utiliza en la capa de enlace de datos. Si el DLCI es conocido, el contenido de la trama es enviado al protocolo de la capa superior (Upper Layer Protocol ULP) para ser procesado, si no, la trama es descartada.

; Por lo tanto con X.25 por el uso de los niveles altos del modelo OSI, ambos, detección de errores y corrección de errores, son usados en cada uno y en todos los nodos a lo largo de la ruta, lo que provoca que la velocidad de transmisión se vea severamente limitada. Por ejemplo, pensemos que tenemos una conexión X.25, que va desde nuestra oficina principal a una oficina satélite y que pasamos a través de 3 compañías de telecomunicaciones. Bajo el uso de X.25 los datos son empaquetados y enviados al primer nodo. Los datos son chequeados, y en caso de errores, pide la retransmisión del paquete, en caso de no encontrarlos envía una señal de final al origen, y envía el paquete al siguiente nodo. Este proceso se repite en cada uno de los nodos, hasta llegar al destino, y el proceso vuelve a comenzar con el siguiente paquete.

Con Frame Relay , basado en redes mucho menos "contaminadas", la detección de errores es llevada a cabo, pero no la corrección. La red Frame Relay simplemente toma cada trama (Frame) de información y la retransmite (Relay) al siguiente nodo. Si, en raras ocasiones se detecta un error, Frame Relay simplemente descarta el Frame de datos erróneo y depende del nivel superior usado por controladores inteligentes en cada extremo de la red para pedir una retransmisión.

La tecnología Frame Relay elimina funciones redundantes ahorrando costos de desarrollo y de comunicación de datos.

### 2.5.2 Servicios ISDN

La red digital de servicios integrados ISDN (Integrated services digital network) actualmente es utilizada en una capacidad muy limitada en algunos países, principalmente es un servicio de Backup digital de líneas dedicadas. Sin embargo, ISDN puede ofrecer algunas alternativas de servicio a Frame Relay.

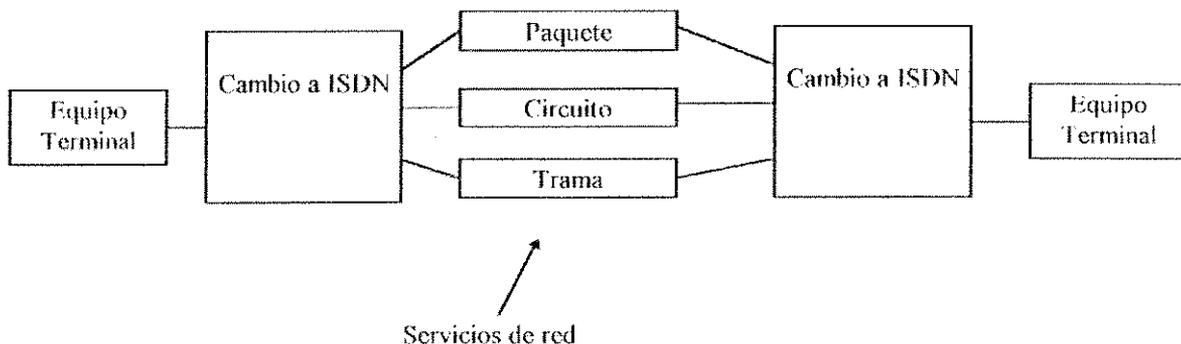


Figura 2.8 Servicios de datos de ISDN.

El principio de ISDN es que podría ofrecer al usuario una simple interface para obtener acceso a múltiples servicios de red (Ver figura 2.8, detalla el servicio de datos). La salida del usuario es por medio de mensajes de señalización sobre un canal dedicado para obtener acceso a los servicios de red que le interesen. Esta red de servicios puede ser de conmutación de paquetes o conmutación de circuitos. El usuario puede requerir los siguientes servicios :

- Conexión de conmutación de circuitos. Esto es equivalente, en función, a una línea dedicada, no obstante obtiene el servicio a través de un "Dial Up" (Conexión discada). Esto ofrecerá un simple circuito de 64Kbps, o una alta velocidad múltiplo de 64Kbps.
- Servicios de conmutación de paquetes, usando X.25 para obtener acceso a una red de conmutación de paquetes, donde la conexión le estará ofreciendo los mismos servicios de un servicio dedicado X.25.
- Conmutación de tramas y servicios de Relevación deTramas (Frame Relay), Dos servicios basados en tramas que ofrecen alto rendimiento, a velocidades de 64Kbps.

La única diferencia significativa en los servicios ofrecidos por ISDN es que son conexiones de líneas dedicadas "por demanda". Esto es similar a estar limitando a un usuario que desea emplear las alternativas de Frame Relay , ya que los servicios requeridos pueden ser también conexiones permanentes por demanda.

### 2.5.3 Servicios de datos de SMDS

SMDS (Switched multi-Megabit Data Services), es uno de los primeros servicios con características de banda ancha. Fue creado y ofrecido en 1991 por Bellcore y su primera implementación se definió utilizando la tecnología DQDB (Distributed Queue Data Bus) que corresponde a la recomendación 802.6 de la IEEE. Dicha norma define un servicio de transporte no orientado a conexión que utiliza paquetes de 53 bytes para integrar servicios que incluyan tráfico de datos, voz y vídeo en redes de área metropolitana (MAN).

SMDS corresponde a la tecnología intermedia entre Frame Relay y ATM (Asynchronous Transfer Mode) y a pesar de que los servicios basados en la recomendación 802.6 emergen muy lentamente, comenzó a tomar una fuerza importante desde 1994.

SMDS es un protocolo basado en celdas de longitud fija, un poco mejor que un protocolo basado en longitud de paquetes, pero pocos productos están disponibles para soportar protocolos como éste. En el futuro SMDS podrá suplementar a Frame Relay como un método de acceso para redes Cell Relay a altas velocidades .

## CAPITULO 3

<b>3. COMPONENTES DE UNA RED FRAME RELAY.....</b>	<b>36</b>
<b>3.1 CONFIGURACIÓN DE LA RED FRAME RELAY.....</b>	<b>36</b>
3.1.1 Nodos de conmutación .....	36
3.1.2 Enlaces de transmisión digital de alta capacidad .....	37
3.1.3 Interfaces que soportarán el protocolo frame relay.....	39
<b>3.2 PROTOCOLO/RUTEO DE FRAME RELAY.....</b>	<b>40</b>
3.2.1 Proceso de ruteo .....	40
<b>3.3 ELEMENTOS PRINCIPALES DE LA CAPA 2 .....</b>	<b>41</b>
<b>3.4 FORMATO DE LA TRAMA FRAME RELAY.....</b>	<b>42</b>
3.4.1 Estructura básica .....	42
3.4.2 Descripción de los campos del encabezado ( Header ) .....	44
3.4.3 Descripción del campo de datos .....	46
3.4.4 Descripción del campo caracteres de transporte ( FCS ) .....	46
<b>3.5 DISPOSITIVOS TERMINALES.....</b>	<b>47</b>
<b>3.6 DISPOSITIVOS DE CONMUTACIÓN .....</b>	<b>48</b>

## CAPITULO 3

### 3. COMPONENTES DE UNA RED FRAME RELAY

Un problema que existe con redes Frame Relay en la actualidad es el de que los productos y servicios no se han estandarizado, cada empresa carrier o vendedor de equipos diseñan los servicios que soportarán las interfaces Frame Relay, pero todas estas, no soportan las mismas tasas de acceso, capacidades de red, características de retardo, u opciones de testeo y evaluación. Para que una red Frame Relay sea compatible con la mayoría de redes de su misma tecnología describiremos los componentes básicos de configuración..

#### 3.1 CONFIGURACIÓN DE LA RED FRAME RELAY

Una red Frame Relay está compuesta de tres componentes primarios :

- Nodos de Conmutación.
- Enlaces de transmisión digital de alta capacidad para interconexión de nodos (1.544Mbps - 44.736Mbps).
- Interfaces que soportan el protocolo Frame Relay.

##### 3.1.1 Nodos de conmutación

Los Nodos de Conmutación son la parte esencial de la red Frame Relay. Los nodos aceptan direccionamiento de tramas de datos de dispositivos usuarios que soportan el protocolo Frame Relay, y las entregan en base a la dirección (por ejemplo DLCI). Cuando un nodo recibe un paquete de un usuario, éste transmite el paquete al nodo que contenga al dispositivo destino. El enlace podrá ser directo o un paquete podría ser relevado a través de múltiples nodos.( Ver figura 3.1).

El ruteo de paquetes está basado en una tabla de direcciones que podrá ser actualizada cada vez que un dispositivo es agregado dentro de la red. Los nodos de conmutación también controlan desbordamientos de flujo y rutinas de congestión que son invocadas cuando el tráfico ofrecido excede la capacidad de la red. Los nodos de conmutación también proveerán servicios de administración de red los cuales son , definición de la red, y testeo.

Una red Frame Relay podría ser implementada por una empresa de transporte de datos pública o una organización de usuarios finales (empresa privada). En una red Frame Relay de servicios públicos, los nodos de conmutación deberán ser mantenidos y operados por el proveedor de la red.

En una red privada, la organización dueña de la red será quien instale y mantenga los nodos de conmutación de la red. También podemos pensar en crear una red híbrida, para conectar una red privada con una red pública a través de una interface red - a - red (Network-to-Network Interface NNI).

### **3.1.2 Enlaces de transmisión digital de alta capacidad**

Los nodos de conmutación son conectados por medio de enlaces de alta capacidad de transmisión. Estos enlaces operan normalmente a tasas DS-1 (por ejemplo 1.544Mbps) y tasas DS-3 (44.736Mbps), sin embargo otras velocidades también pueden ser utilizadas (por ejemplo E1 2.04 Mbps). Los nodos de conmutación pueden distribuir la capacidad de transmisión sobre una base dinámica mucho mejor que una base fija, la tasa total de bits sobre la conexión de acceso usualmente será mayor que la capacidad total entre los nodos.

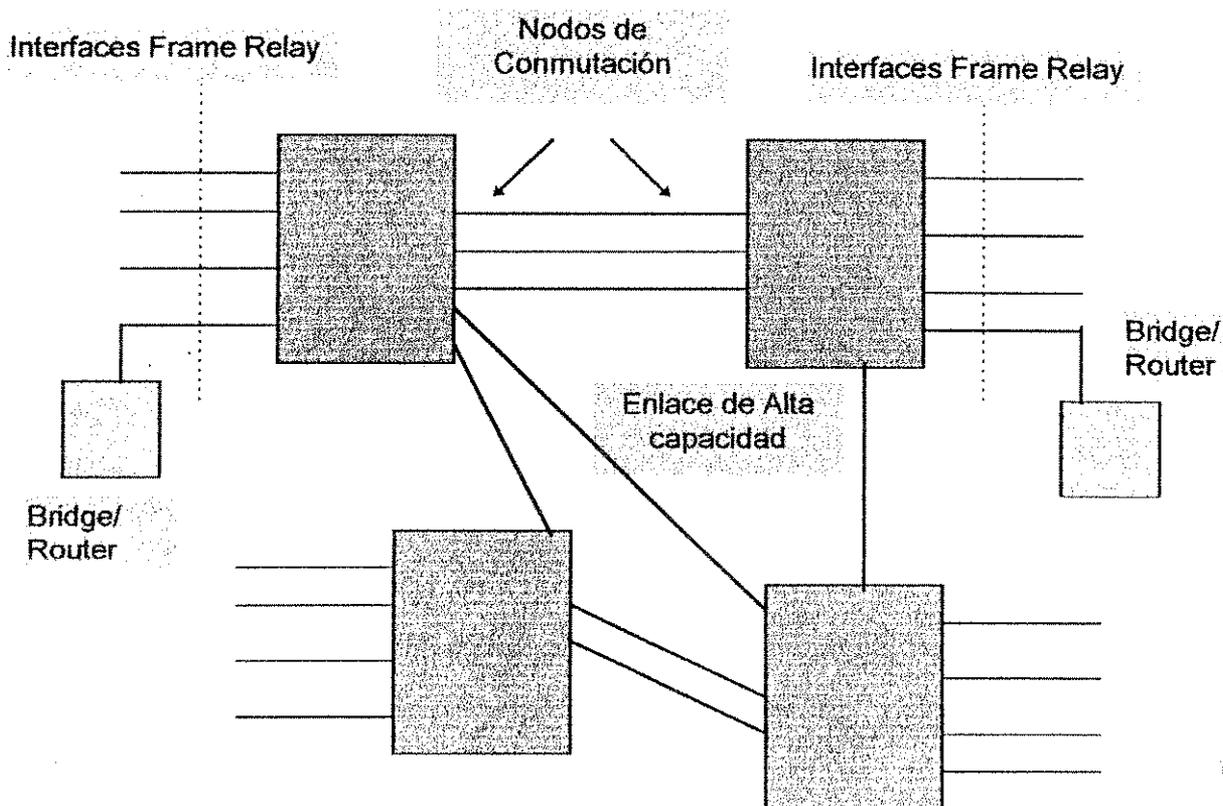


Figura 3.1. Configuración de la red Frame Relay.

El diseñador de la red es el responsable de dimensionar los enlaces de transmisión, para asegurar que los parámetros de servicio de la red (Ejemplo: CIR Committed Information Rates, Frame delivery ratio, Transit delay) sean configurados correctamente. Los nodos de conmutación distribuyen el tráfico y utilizan estadísticas que identifican los enlaces y otros elementos que puedan causar embotellamiento o congestión que afectan el rendimiento de la red.

### 3.1.3 Interfaces que soportarán el protocolo Frame Relay

El protocolo Frame Relay es un protocolo de interface que cumple con las especificaciones de la capa 2 del modelo OSI. El protocolo Frame Relay es soportado en la mayoría de ruteadores (Routers) LAN, y en un gran número de sistemas de cómputo Host. Existen también convertidores de protocolo Frame Relay llamados dispositivos de acceso Frame Relay o FRADs (Frame Relay Acces Device).

El concepto de un servicio Frame Relay fue primeramente definido por las recomendaciones de I.122 de la CCITT, y actualmente las especificaciones más utilizadas fueron publicadas por ANSI T1.606 1990. El protocolo se ha mejorado con aportaciones técnicas de un consorcio de vendedores y usuarios llamado Frame Relay Forum. Ver tabla 3.1, lista algunas de las empresas que representan a Frame Relay Forum FRF.

El protocolo Frame Relay está basado en HDLC (High-Level Data Link Control) que es un protocolo de línea considerado como estándar universal ya que es tomado por muchos fabricantes como modelo, aunque el formato presentado en el capítulo anterior es modificado considerablemente.

<b>Participantes de Frame Relay Forum</b>			
<b>Compañía</b>	<b>Equipo de red</b>	<b>Proveedor de servicios</b>	<b>Bridges/ Routers</b>
AT/T	X		X
Bay Networks			X
IBM		X	X
Northern Telecom	X		
Sprint	X	X	
Telematics	X		X
3com			X
Cisco System			X

Tabla 3.1 Algunas de las empresas que representan a Frame Relay Forum FRF.

## 3.2 PROTOCOLO/RUTEO DE FRAME RELAY

A continuación se explica la forma de operación del protocolo Frame Relay, es decir cómo el protocolo direcciona los datos del usuario emisor hacia el usuario destino.

Primeramente debe existir un dispositivo terminal ( Router ) que sea capaz de generar el protocolo Frame Relay.

El protocolo está conformado por un simple encabezado (Header) y un formato, que son utilizados para empacar los datos, entendiendo como empacar, a que los datos se asignan a un campo de toda la trama del mensaje, para que éste pueda ser transportado de nodo a nodo.

En un ambiente ruteador, el router normalmente recibe una trama sobre el LAN, descubriendo el encabezado y empacando los datos dentro de la trama.

### 3.2.1 Proceso de ruteo

Los servicios Frame Relay tendrán que ser coordinados con la configuración del router (ruteador) de la red. El router típicamente hará una decisión de ruteo en base a la dirección IP y tablas de ruteo. Si la ruta del siguiente router es a través de la red Frame Relay, el router realizará lo siguiente:

- Seleccionará el puerto de acceso a Frame Relay.
- Generará la envoltura del protocolo Frame Relay.
- Agregará la dirección de la red Frame Relay (Por ejemplo: El DLCI , identificador de conexión del enlace de datos) para el router destino.
- Liberará la trama de la red basándose en el flujo de control y priorización de parámetros.

En el apéndice A se explica a detalle el concepto de direccionamiento utilizado por Frame Relay.

### 3.3 ELEMENTOS PRINCIPALES DE LA CAPA 2

Frame Relay es esencialmente un protocolo que opera hasta la capa 2 del modelo OSI, éste soporta que sean invocados los elementos principales de dicha capa, elementos que son listados en la tabla 3.2.

La gran diferencia entre Frame Relay y otros protocolos que utilizan la capa 2, es que cada trama contiene un chequeo de secuencia de trama (Frame Check Sequence, FCS) para detección de errores, éste no es un mecanismo para corrección de errores que sean encontrados. Si los nodos de conmutación o dispositivos usuarios reciben una trama que contenga errores, la trama es simplemente descartada y no hay indicación de retransmisión. La red Frame Relay simplemente asume que si los datos descartados son importantes, entonces algo más, típicamente un protocolo de alto nivel, ordenará una retransmisión.

#### Elementos Principales de la capa 2

1. Delimitación de trama (Inserción de bit cero para campos de datos transparentes)
2. Multiplexación de circuitos virtuales utilizando el campo de dirección (DLCI)
3. Asegurar que la trama sea un número integral de octetos.
4. Asegurar que el tamaño de las tramas no sea ni largo ni corto.
5. Detección de errores de transmisión.
6. Mantenimiento del orden de secuencia de las tramas.

Tabla 3.2 Elementos Principales Utilizados Por Frame Relay de la capa 2 del modelo OSI.

## **3.4 FORMATO DE LA TRAMA FRAME RELAY**

La estructura de la trama Frame Relay está basada en las especificaciones del protocolo HDLC descritas en el Capítulo 2, aunque éstas tienen un número de diferencias significativas. Hay que hacer notar, que el protocolo Frame Relay puede ser generado por el Bridge, Router, Terminal Controlador, Interface Host, Frame Relay acces device (FRAD), o algún equipo que esté conectado al nodo de la red Frame Relay.

### **3.4.1 Estructura básica**

La estructura básica de la trama se muestra en la figura 3.2, el formato de la trama consiste de dos octetos de encabezado y dos octetos de transporte ; la trama está contenida con encabezado (Header) y caracteres de transporte que se conocen como banderas (Flags). Otros protocolos pueden ser encapsulados con las trama de Frame Relay. Los nodos de conmutación de Frame Relay, sólo procesan los encabezados y las banderas de Frame Relay.

En un ambiente LAN, el ingreso de la trama LAN es típicamente transportada en el campo de datos de la trama Frame Relay (por ejemplo ; encapsulando la trama LAN). Encabezados TCP/IP pueden ser transportados con una trama LAN, o el datagrama IP podría ser transportado directamente con una trama Frame Relay.

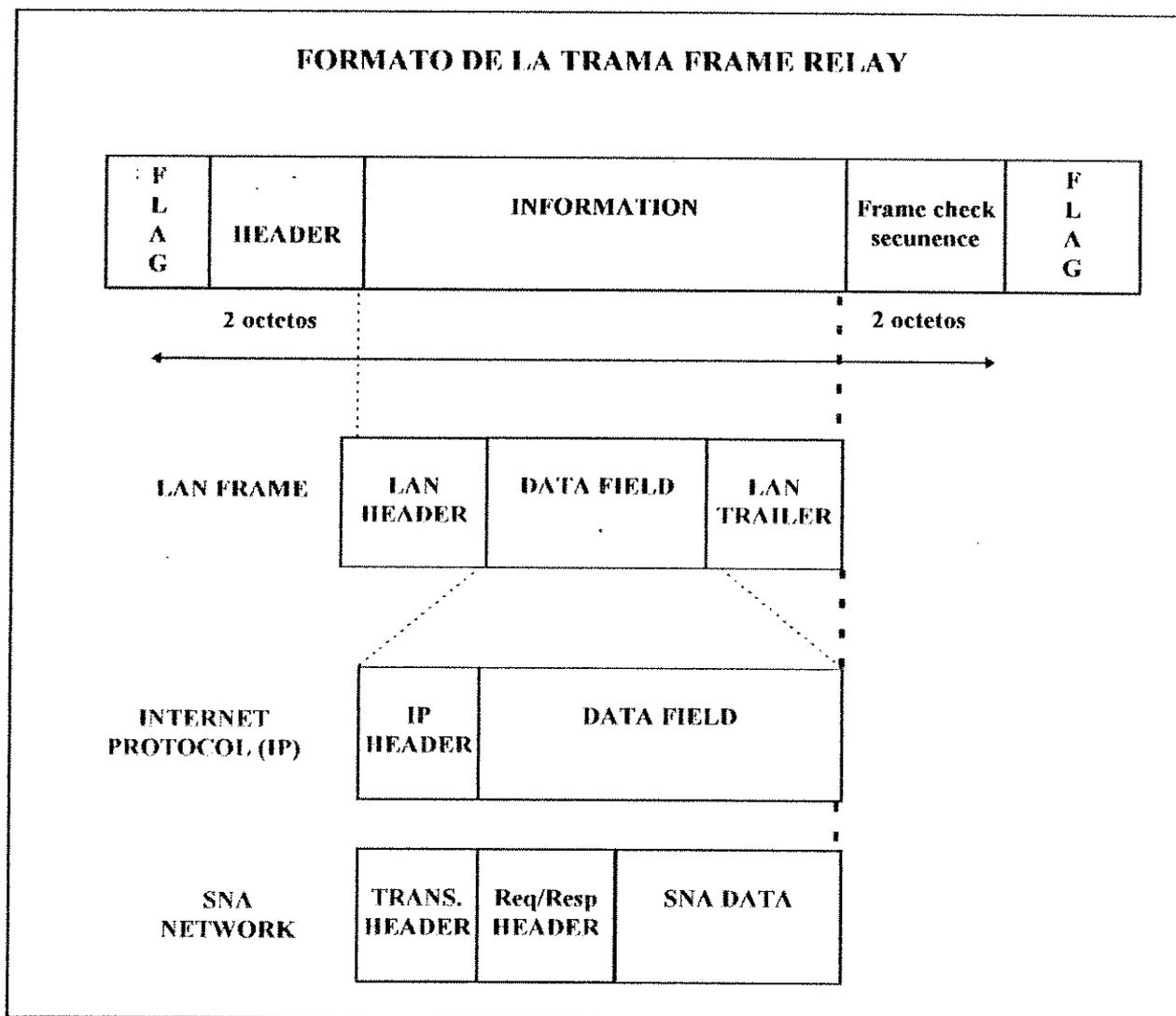


Figura 3.2. Formato de la trama Frame Relay y encapsulamiento de tramas LAN, IP, SNA.

FLAG = Bandera, HEADER = Encabezado,  
 INFORMATION = Información, DATA FIELD = Campo de datos,  
 Frame check secunence = Chequeo de secuencia de trama,  
 LAN FRAME = Trama LAN, INTERNET PROTOCOL = Protocolo Internet  
 IP HEADER = Encabezado IP

### 3.4.2 Descripción de los campos del encabezado ( Header )

Las especificaciones del formato de trama describen dos , tres o cuatro octetos de encabezado, dos octetos de transporte y un campo de datos de tamaño variable. Todas las redes (Carrier) públicas mantienen encabezados de dos octetos, y ésta será la base de nuestra siguiente descripción :

- **Caracter de bandera :**

Una trama está encerrada por dos caracteres de bandera ( bandera de encabezado y bandera de transporte, Ver figura 3.2) . Como en HDLC, una bandera es 0111110 (Hex "7E"). Para asegurar que una secuencia de seis bits uno ( 1 ) no podrán aparecer en ningún otro punto de la trama, la terminal introducirá un bit cero (0) después de una secuencia de cinco bits uno (1) . Esta es la misma técnica utilizada con HDLC. (Ver figura 3.4).

- **Identificador de conexión de enlace ( DLCI ) :**

Cada trama incluye un campo de dirección de 10-bits llamado identificador de conexión de enlace (Data link conection identifier DLCI) . Los DLCI son definidos por cada interface de Frame Relay y tienen solamente significado local . Con un campo de 10-bits, 1024 posibles direcciones pueden ser definidas. De esas, 992 direcciones pueden ser asignadas a SVC's o PVC's, y 32 son reservadas para otras funciones de red. (información adicional sobre este tema es presentada en el apéndice A ).

- **Bit indicador del comando de respuesta (C/R) :**

El C/R es 1-bit que puede ser utilizado por el dispositivo usuario-final para establecer un control de conexión.

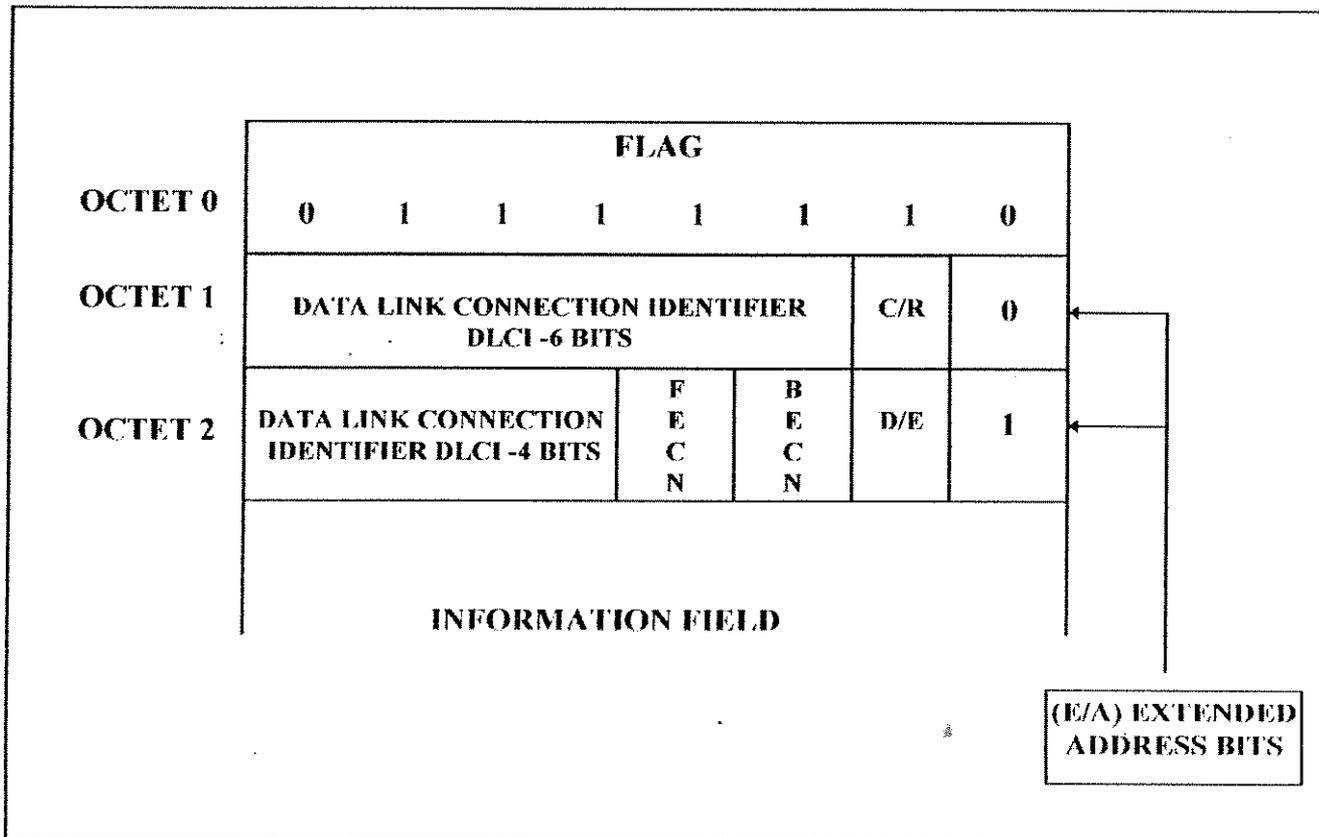


Figura 3.4. Formato del encabezado

- **FECN ( Forward Explicit Congestion Notification )**

Un campo de 1-bit es configurado a un valor 1 por el nodo para indicar a la unidad receptora que las tramas han encontrado congestión en la red.

(Información adicional sobre este tema es presentada en el apéndice A ).

- **BECN ( Backward Explicit Congestion Notification )**

Un campo de 1-bit es configurado a un valor 1 por el nodo para indicar al transmisor que algunas tramas que sean transmitidas por ese DLCI, en particular, encontrarán congestión en la red. (Información adicional sobre este tema es presentada en el apéndice A ).

- **Bit de elección de desecho (Discard Eligibility, DE)**

Un campo de 1-bit es configurado por la terminal usuaria, para notificar a la red que tiene el permiso de desechar estas tramas (si fuera necesario), para liberar el congestionamiento de la red . (Ver Apéndice A).

- **Bits de direcciones extendidas (Extended Address , EA)**

El bit menos significativo de cada octeto de encabezado es utilizado para indicar si es el último octeto del encabezado. Si el bit es configurado en un valor cero (0), otro octeto del encabezado continúa, si es configurado en un valor uno (1), éste es el último octeto del encabezado. Comúnmente tres y cuatro formatos de octetos de encabezado están definidos pero no están soportados por ninguna de las carriers.

### **3.4.3 Descripción del campo de datos**

El campo de datos es un bit transparente ( por ejemplo, permite que cualquier patrón de bits sea transportado), éste no es procesado por la red Frame Relay. El tamaño comúnmente asignado para el campo de datos es de 262 octetos y originalmente se especifica que no puede ser más grande de 1600 octetos. Hoy en día el tamaño máximo de la trama es definida por el operador de red o el vendedor de equipo, y puede ser hasta de 4096 octetos. No hay tamaño mínimo para el campo de datos.

### **3.4.4 Descripción del campo caracteres de transporte ( FCS )**

El chequeo de secuencia de trama (Check Frame Sequence, FCS) es un campo de 16-bits que permite un chequeo cíclico redundante (CRC, cyclic redundancy check) , para asegurar que los datos son recibidos sin errores. El CRC es calculado por el nodo conmutado para determinar si algunos errores fueron introducidos en el proceso de transmisión.

Si, algún error es localizado, la trama es descartada y ninguna indicación es enviada al transmisor, ésta es labor del protocolo de alto nivel para ordenar una retransmisión.

- **Caracter de Bandera :**

Una trama es terminada con otro caracter de bandera ( Hex "7E" ).

### **3.5 DISPOSITIVOS TERMINALES**

Para implementar una red Frame Relay, se requieren dispositivos terminales y nodos de conmutación, para esto se presentan las siguientes descripciones de los equipos terminales que se pueden utilizar :

- **LAN bridges**

Un LAN bridge ( puente de LAN ) conecta a dos LAN's a un nivel muy simple. El bridge es preconfigurado para pasar mensajes de una red LAN a otra del mismo tipo. Sin embargo el bridge ignora el formato del mensaje, activa las capas 1 y 2 del modelo OSI.

- **Router LAN**

Los Router LAN ( ruteadores de LAN) son más inteligentes que los bridges ya que éstos examinan el mensaje más cuidadosamente. Los Routers son capaces de determinar la mejor ruta para pasar los datos dentro de la red, basados en parámetros definidos y requerimientos de calidad de servicio.

- **Host Computer/Front End Processors**

IBM y otros vendedores de sistemas han fabricado interfaces que soportan servicios de Frame Relay. En un ambiente IBM, la interface Frame Relay es soportada por el Front End Processor 3745/3746. En sistemas minicomputadores, Frame Relay es soportado por tarjetas de comunicación estándar con un paquete de software provisto por el vendedor del equipo.

- **Frame Relay Access Device (FRAD's)**

El FRAD es un dispositivo convertidor de protocolo que es utilizado para conectar dispositivos no compatibles a una red Frame Relay. Los FRAD's pueden conectar una gran variedad de protocolos como :

Protocolos LAN, SNA/SDLC, X.25, IPX ( Novell ), y protocolo punto a punto (PPP, point to point protocol ).

### **3.6 DISPOSITIVOS DE CONMUTACIÓN**

Los nodos de conmutación Frame Relay son muy similares a multiplexores T-1 ó a nodos de conmutación de paquetes, y varias configuraciones pueden ser implementadas, con base en los siguientes dispositivos :

- **Stand Alone Switchin Node**

Esta configuración es similar a un administrador de recursos de red T-1 (T-1 Network Resource Manager). Este sistema usualmente soporta voz y otros servicios de comunicación como Frame Relay. (Por ejemplo el Stratacom IPX de Stratacom es un dispositivo muy utilizado para este segmento).

- **Multifunction Broadband Switch**

Este es una nueva clase de dispositivo de conmutación que puede soportar servicios de Frame Relay y otras tecnologías de interconexión como SMDS y ATM. (Por ejemplo el dispositivo GCNS-2000 de AT&T, FETEX-150 de Fujitsu, EWSM de Siemens y Magellan de Northern Telecom).

- **T-1 Network Resource Manager Add-On Module**

Los administradores de recursos de red T-1, pueden soportar opcionalmente módulos que soporten a Frame Relay. Estos son utilizados en conmutación de circuitos y multiplexores por división de tiempo TDM, pero una parte de la capacidad de transmisión puede ser reservada para soportar tráfico Frame Relay.

- **Packet Switchin Add-On**

En conmutadores de paquetes X.25 pueden ser modificados para soportar interfaces Frame Relay. Esta capacidad es muy utilizada por redes privadas o redes de servicios que soportan servicios tradicionales de conmutación de paquetes. Frame Relay está soportada por sistemas de conmutación de paquetes de Sprint Data como el TP-900, BT Tymnet, y Northern Telecom con el DPN-100.



## CAPITULO 4

<b>4. CASO PRACTICO DE DISEÑO DE UNA RED FRAME RELAY ...</b>	<b>50</b>
<b>4.1 CONSIDERACIONES GENERALES PARA EL DISEÑO DE UNA RED     FRAME RELAY.....</b>	<b>50</b>
<b>4.2 PASOS PARA EL DISEÑO DE UNA RED FRAME RELAY .....</b>	<b>52</b>
4.2.1 Esquema de la red.....	53
4.2.2 Configuración de interconexión.....	54
4.2.3 Patrones de tráfico y flujo.....	54
4.2.4 Parámetros de servicios de Frame Relay.....	55
<b>4.3 ANTECEDENTES DEL CASO EN ESTUDIO .....</b>	<b>58</b>
<b>4.4 DISEÑO DE LA RED .....</b>	<b>61</b>
4.4.1 Esquema de los puntos a interconectar .....	61
4.4.2 Configuración de interconexión.....	63
4.4.3 Patrones de tráfico.....	63
4.4.4 Cálculo de los parámetros de servicio.....	67
4.4.5 Especificaciones de la red .....	67
4.4.6 Diagrama final de la red Frame Relay.....	70

## CAPITULO 4

### 4. CASO PRÁCTICO DE DISEÑO DE UNA RED FRAME RELAY

En los capítulos precedentes se trató la tecnología de conmutación de paquetes y una introducción a los estándares desarrollados hasta el momento para Relevo de Tramas (Frame Relay) así como su definición y sus componentes; en éste capítulo se darán a conocer las consideraciones necesarias de diseño para implementar una red Frame Relay, aplicándolo a un caso real de estudio.

#### 4.1 CONSIDERACIONES GENERALES PARA EL DISEÑO DE UNA RED FRAME RELAY

La primera pregunta que nos debemos hacer es "si Frame Relay es lo más apropiado para implementar la interconexión del sistema " , los siguientes escenarios pueden ayudarnos a responder esta pregunta:

Para configuraciones de redes publicas o híbridas que manejan tráfico pesado, entre pocos puntos (2 ó 3), Frame Relay probablemente no sea la mejor solución debido al costo-beneficio que podamos obtener.

Frame Relay es beneficiosa para interconectar a cinco o más puntos, debido a que minimiza el número de líneas dedicadas necesarias para formar una red en malla lo cual no se aprovecha en una red de pocos puntos.

Con Frame Relay, múltiples circuitos virtuales pueden formar cada línea de acceso de una red publica, los cuales trabajan a través de un HUB inteligente, con esto podemos observar que un usuario puede obtener por medio de una conexión Frame Relay un circuito a 64 Kbps con la posibilidad de enviar tráfico pesado por ésta vía, a un costo mucho más bajo que el equivalente de una línea dedicada de 64Kbps.

Frame Relay es la mejor elección cuando los patrones de tráfico entre los puntos a conectar son altamente irregulares. Con un gran intervalo entre ráfagas de paquetes, la probabilidad de colisiones decrece, y cada circuito virtual puede utilizar la tasa de propagación de datos completa, si fuera necesario. Por otro lado, si existe tráfico pesado, el usuario final solo podrá utilizar el ancho de banda que haya contratado.

Por último, la conexión de dos LAN's a través de un WAN se puede lograr por muchos métodos diferentes, estos incluyen técnicas de puentes (bridging) y ruteos (Routing). Históricamente estas conexiones de puentes y ruteos se han conseguido a través de un WAN por uno o dos métodos, conmutación de paquetes o multiplicación por división de tiempo. Ambos métodos presentan diferentes problemas con ambientes LAN. La tabla 4.1 detalla atributos de un LAN y relaciona estos atributos a características de transporte de redes WAN.

La tabla muestra claramente que los atributos de un LAN son exactamente proporcionados por una red Frame Relay, pero no así por redes de conmutación de paquetes o multiplicación por división de tiempo

Características LAN	Multiplicación por División de Tiempo	Conmutación de Paquetes	Frame Relay
Alta velocidad de interconexión	Posiblemente si	Posiblemente si	si
Bajo retardo de transmisión	si	Posiblemente si	si
Pobre recuperación de errores	si	no	si
Seguridad sobre el protocolo del usuario final para entrega de información.	si	no	si
Ancho de banda por demanda	no	si	si

Tabla 4.1 Características LAN Vrs. Métodos de transporte de redes WAN.

Por lo anterior, Frame Relay se ubica muy bien para la conexión de dos LAN's a través de WAN's ya que le ofrece al LAN un mecanismo de transporte de alta velocidad, junto con asignaciones de ancho de banda por demanda requeridos.

## 4.2 PASOS PARA EL DISEÑO DE UNA RED FRAME RELAY

Habiendo tomado en cuenta los anteriores escenarios de ubicación y utilización del protocolo Frame Relay como solución de comunicación se presentan los siguientes pasos para el diseño de una red Frame Relay , los cuales serán ampliados más adelante.

1. El primer paso para el diseño de una red es esquematizar los puntos y graficar las diferentes alternativas de interconexión. Para hacer esto, el usuario debe revisar los beneficios potenciales de los enlaces punto a punto y punto a multipunto.
2. Definir la configuración de interconexión de Frame Relay más adecuada de acuerdo con la situación específica. Las configuraciones de interconexión de Frame Relay son variadas, entre las que se pueden mencionar, configuración de mallado completo, de mallado parcial y configuración de Frame Relay con otros servicios.
3. Determinar patrones de tráfico y características de flujo. Es la tarea más crítica para Frame Relay que para algunas otras estrategias de interconexión ya que se basa en la determinación del tráfico que se cursará a través de la red..
4. Evaluar y seleccionar las características de servicio de Frame Relay que encajen con los requerimientos de interconexión. Este paso requiere no solamente que entendamos qué proveen los estándares de Frame Relay, sino también qué soportan actualmente las empresas carriers y los vendedores de equipos.
5. Definir las especificaciones de la red, esto incluye la determinación de la interface, el medio de comunicación , los nodos de conmutación , los dispositivos terminales y el formato de la trama de mensaje.

El Proyecto de diseñar la red deberá incluir cada una de estas fases, así como una revisión periódica para chequear el avance o hacer modificaciones al proceso, si las condiciones no son las esperadas o si se desean investigar nuevos datos para el diseño.

#### 4.2.1 Esquema de la red

Para ilustrar de una forma clara y sencilla qué es lo que se quiere interconectar, en el dibujo de la red podemos incluir los nodos físicos y computadores servidores, y la red de paquete de datos que vamos a usar. Esto tiene que incluir también los enlaces que conectarán a todos estos elementos de red. Una vez se ha creado el primer esquema, se podrá revisar si surgen nuevos elementos a interconectar para incorporar luego dichos cambios. (Ver figura 4.1)

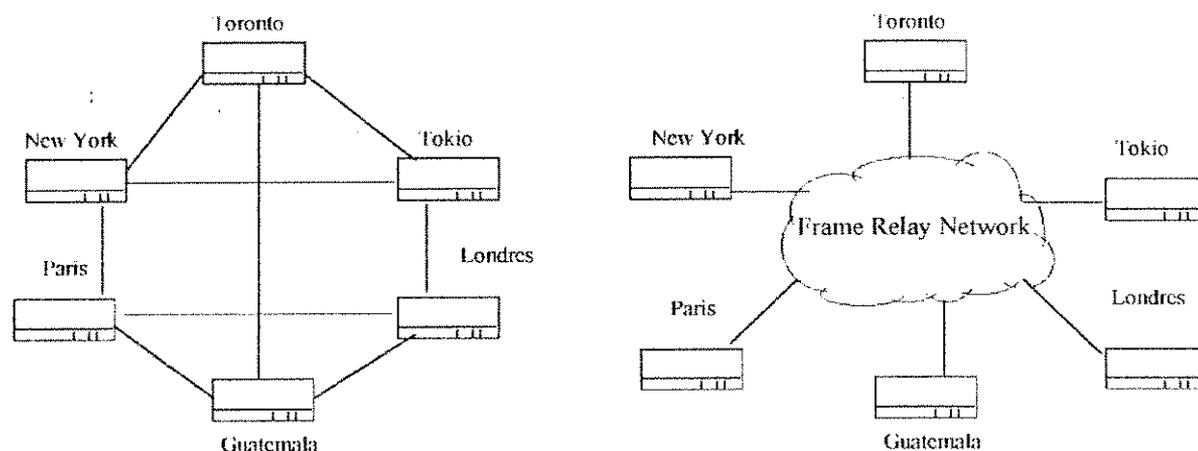


Figura 4.1. Conexiones para líneas privadas y conexión por medio de Frame Relay.

La identificación del número y ubicación física de los puntos a conectar es un paso crítico en el diseño de una red Frame Relay. Recordemos que los servicios de Frame Relay estarán basados en circuitos virtuales permanentes (PVC's Permanent Virtual Circuits), cada sitio requerirá un diferente PVC.

La ubicación del punto también es importante porque dependiendo de las condiciones del mismo pueden limitar los servicios en algunas áreas. Algunas ubicaciones de puntos requeridos para conexión, pueden encontrarse lejanos del nodo más próximo de la red Frame Relay, y el costo de acceso a dicho nodo puede ser un factor determinante para considerarlo.

#### **4.2.2 Configuración de interconexión**

Una vez el punto a enlazar ha sido identificado, el diseñador de la red deberá seleccionar una estrategia de interconexión utilizando Frame Relay.

Las estrategias de interconexión más utilizadas son ; configuración de mallado completo, de mallado parcial y configuración de Frame Relay con otros servicios. Con esto nos referimos a que si a un punto determinado se le asignará una conexión directa o única con otro punto, o si en momentos de congestión o falla de un segmento de la red, la información transmitida será ruteada por una vía alterna, es decir, si hará tránsito entre nodos y así asegurar el servicio entre usuarios finales.

(Ver Apéndice B ,Configuración de redes Frame Relay).

#### **4.2.3 Patrones de tráfico y flujo**

El siguiente paso es determinar los patrones de tráfico de la red. Cada punto de interconexión debe ser mapeado y delimitado en tamaño, en términos del tráfico.

Esto es muy deseable para tener información exacta del tipo de tráfico: cuando este es de Terminal-a-Host, transferencia de archivos, archivos repartidos, correo electrónico, etc. Estos datos son necesarios para determinar las características de flujo de los servicios de Frame Relay que serán usados para soportar la conexión.

Tomar el flujo de tráfico preciso, es a menudo muy difícil, para esto nos podemos auxiliar con un analizador de protocolo. Esto es importante, ya que el usuario debe conocer no sólo el flujo promedio, sino también la intensidad del pico y el rango de intensidades.

Esto es especialmente crítico si los servicios de Frame Relay y/o productos utilizados son forzados en su capacidad de manejo de tráfico pesado, restricciones de tamaño de trama que puedan saturar el acceso a las tramas .

#### 4.2.4 Parámetros de servicios de Frame Relay

Una vez la conexión a ser soportada por Frame Relay ha sido definida, el siguiente paso es determinar cuáles parámetros de Frame Relay serán requeridos para soportar dicha conexión. Los parámetros y funciones más importantes que deben considerarse en el diseño de la red son los siguientes:

- **CIR (committed information rate ) :**

Es la máxima tasa prometida en bits por segundo a la cual la red transferirá información bajo condiciones normales, por cada PVC (Permanent Virtual Circuit). El CIR es igual a la velocidad de dispositivo que se utilice como interface, (esto garantiza el ancho de banda sobre el PVC, que soportará la transmisión continua para el dispositivo utilizado). La velocidad del dispositivo utilizado es rara vez igual a la velocidad de la interface. El CIR regularmente se configura al uso promedio de la interface y puede ser calculado:

$$\text{CIR} = \text{velocidad del dispositivo (Kbits/segundo)} \times \text{tasa promedio de uso (\%)}$$

- **Bc (committed burst size ) :**

Es la cantidad máxima de datos en bits que una red acuerda en transferir en condiciones normales, en un periodo de tiempo  $T_c$ . La suma de los valores individuales de  $B_c$  para todos los PVC's estará por debajo o igual a la velocidad del enlace físico. El  $B_c$  regularmente se configura así :

$$B_c = \# \text{ promedio de bits por trama} \times \# \text{ promedio de tramas por transmisión}$$

- **Be ( excess burst size ) :**

Es la máxima cantidad de datos excedidos, en bits que la red podrá atender o liberar en un periodo de tiempo  $T_c$ . Be permite un número adicional de bits a ser recibidos si el ancho de banda está disponible ( dependiendo de la inactividad de otros PVC's).

- **Tc**

Es el periodo de tiempo sobre el cual el PVC será monitoreado, y es derivado de la configuración de los otros parámetros. La tabla 4.2 muestra el valor que puede tomar el parámetro TC con base en los intervalos posibles de valores que pueden ser asignados a los parámetros Bc, CIR, Be.

CIR	Bc	Be	Tc
> 0	> 0	> 0	$T_c = Bc / CIR$
> 0	> 0	= 0	$T_c = Bc / CIR$
= 0	= 0	> 0	$T_c = Be / \text{tasa de acceso}$

Tabla 4.2 TC con base en los intervalos valores que pueden ser asignados a Bc, CIR, Be.

La figura 4.2 muestra la relación entre los parámetros Bc, Be, Cir y Tc que se han implementado para los productos que soportan el protocolo Frame Relay.

En ésta figura se puede observa que los datos podrán ser transportados sin ningún problema mientras el ancho de banda no traspase el parámetro Bc, lo que es lo mismo decir que se puede utilizar la capacidad (ancho de banda) contratada ; al superar el valor del parámetro Bc pero no sobrepasar el valor de  $Bc + Be$ , la red detecta que el usuario necesita un ancho de banda más grande y si la capacidad del canal lo permite, se lo asigna.

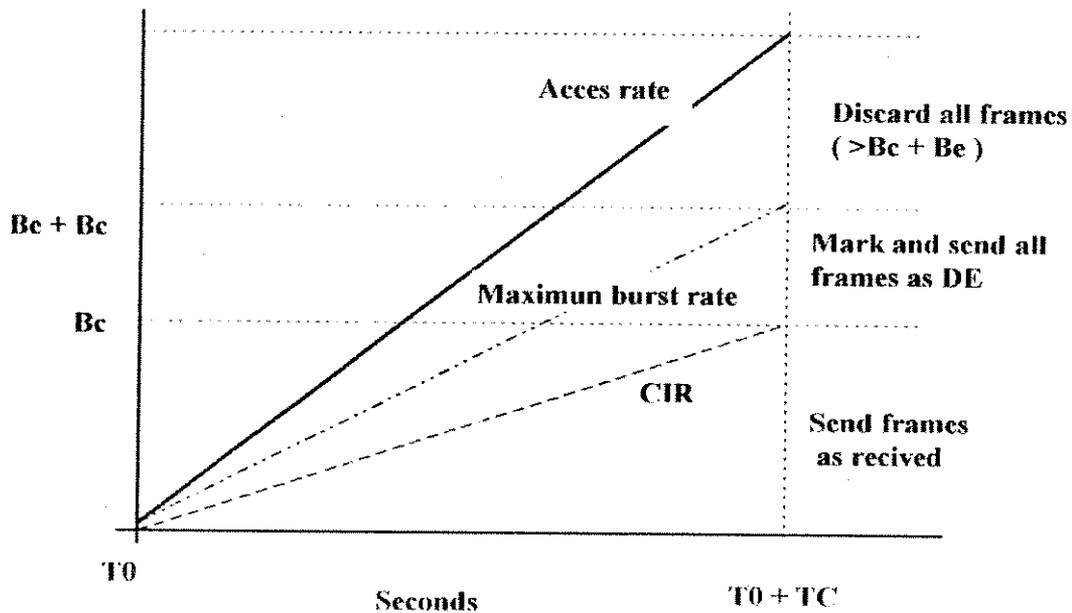


Figura 4.2. Relación entre los parámetros  $B_c$ ,  $B_e$ ,  $Cir$  y  $T_c$  de Frame Relay.

Esto depende de la inactividad de otros usuarios, es decir que en el momento que se requiere más ancho de banda otros usuarios que estén conectados al mismo canal, no estén transmitiendo ni recibiendo datos.

Por último, si un usuario excede al parámetro  $B_c + B_e$ , todas las tramas por arriba de ese valor serán desechadas por la red, y se notificará al usuario destino y al usuario origen de tal situación, por medio de señales de control de congestionamiento FECN y BECN.

- **FECN ( Forward Explicit Congestion Notification )**

La notificación explícita de congestionamiento es el proceso por el cual la red notifica al usuario final que la red está congestionada.

- **BECN ( Backward Explicit Congestion Notification )**

La notificación explícita de congestión es una inferencia por el equipo utilizado de que la red está congestionada. Esto está basado en una determinación hecha por la entidad operativa del protocolo al perder una o más tramas.

**Los parámetros anteriormente descritos afectan las principales características de operación de la red Frame Relay, especialmente el control de congestión.**

### **4.3 ANTECEDENTES DEL CASO EN ESTUDIO**

Para ejemplificar un diseño de red Frame Relay, se considerará como modelo un grupo de instituciones bancarias, se describirá brevemente la red actual utilizada para su interconexión y así dar inicio al diseño de una nueva red utilizando Frame Relay como ventaja de interconexión. Para este desarrollo se evaluará qué configuración de conexión es la más adecuada, tomando como referencia los requerimientos de las diferentes instituciones y posteriormente se sugerirán los dispositivos de conexión necesarios para optimizar los recursos de cada una de las instituciones participantes.

En la actualidad han surgido alianzas de instituciones bancarias para capturar transacciones financieras de crédito, desde los diferentes comercios del país, esta alianza les ha permitido crear una nueva institución centralizadora donde todas las transacciones financieras arriban a ella y posteriormente a cada institución bancaria le es ruteado el tráfico que le corresponda .

Nos interesa analizar la conexión entre la institución centralizadora y las diferentes instituciones bancarias, no así la conexión de los diferentes comercios del país a la institución centralizadora, bastará señalar que estamos hablando de aproximadamente 5,000 comercios activos que constantemente están generando consultas de transacciones financieras hacia la institución centralizadora, la cual a la vez distribuye ese tráfico a las diferentes instituciones bancarias.

Otra fuente de tráfico que se genera es en la actualización de archivos y registros en las bases de datos de las instituciones bancarias residentes en el sistema de la institución centralizadora y podemos pensar también en la necesidad de intercambio de información entre las mismas instituciones bancarias, lo que se conoce como "compensaciones interbancarias". Dejaremos a un lado los procesos operativos internos de cada institución bancaria para realizar las compensaciones y nos concentraremos en la necesidad de poder realizar el intercambio de información.

Como podemos ver el volumen de tráfico que se genera en su totalidad es grande y actualmente se cuenta con una infraestructura de comunicación variada para la interconexión de las diferentes instituciones bancarias hacia la institución centralizadora. (Ver figura 4.3)

Haciendo un análisis de la topología de comunicación utilizada, podemos ver que nos enfrentamos a muchos factores desfavorables y sub-utilización de los recursos con los que se ha establecido la actual red de comunicación; entre otros podemos mencionar :

- ◆ La diversidad de medios de comunicación utilizados incrementan los procesos operativos para el área de comunicación de la institución centralizadora.
  
- ◆ El costo de mantenimiento de cada enlace de comunicación es elevado.

- ◆ Se debe contar con un enlace físico para interconectar cada una de las instituciones bancarias con la institución centralizadora y un enlace físico para cada una de las interconexión de una institución bancaria hacia las demás instituciones bancarias.

Este último factor, es determinante para la toma de decisión de crear una red Frame Relay, ya que el costo en el que incurre una institución para poderse comunicar con otras instituciones es elevado, si tiene que implementar los diferentes protocolos y el hardware necesario para soportarlos.

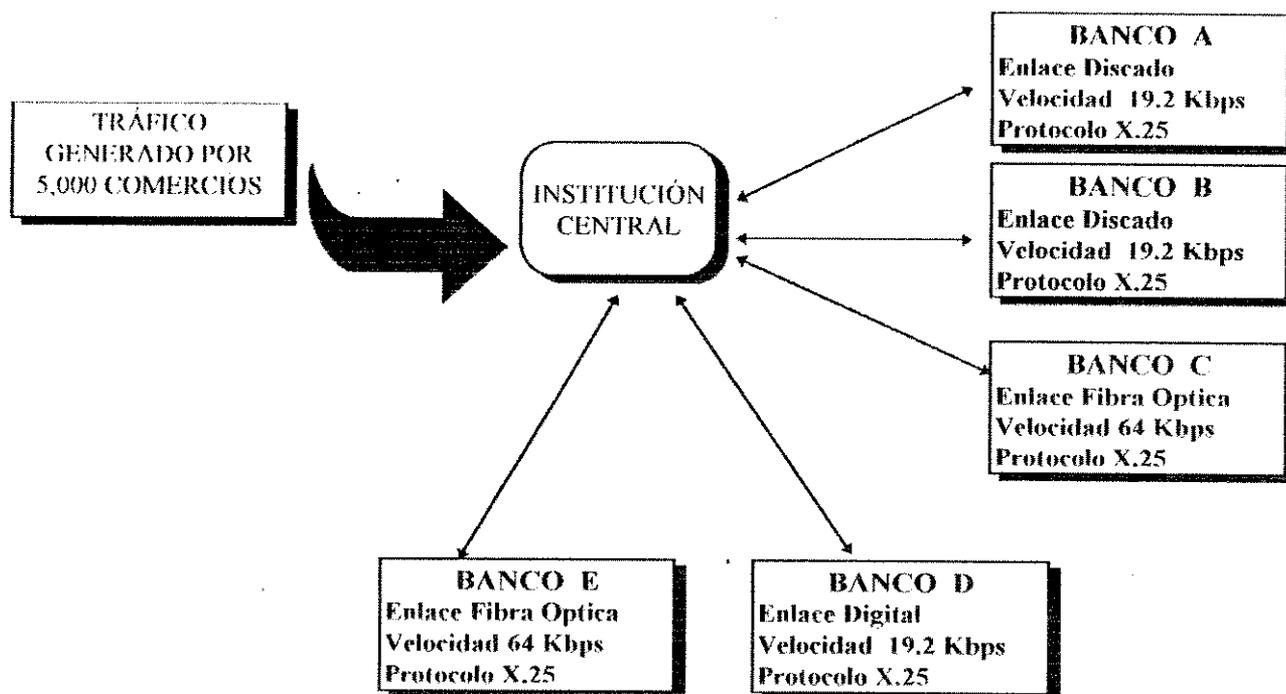


Figura 4.3. Conexión actual de instituciones bancarias hacia institución central.

## 4.4 DISEÑO DE LA RED

Se dará inicio a aplicar todas las consideraciones de diseño que se describieron con anterioridad para la solución del caso propuesto.

### 4.4.1 Esquema de los puntos a interconectar

Para darnos una idea de lo que se requiere interconectar, se presenta en la figura 4.4 un diagrama general de la red Frame Relay que queremos crear.

Hemos establecido seis puntos que nos interesa interconectar, los cuales identificamos como : Institución Central, Banco A, Banco B, Banco C, Banco D, Banco E. La ubicación real de cada institución a conectar es dentro del perímetro de la ciudad capital de Guatemala, diremos que la separación en distancia entre todas las instituciones no supera a los 20 Kilómetros, dato importante para la toma de decisión del diseñador de red, para la ubicación estratégica de nodos y repetidores de señal.

En este caso, los requerimientos presentados anteriormente nos muestran los puntos a interconectar, para lo cual los resumimos en la tabla 4.3, un punto muy importante que debemos señalar, es que, si al diseñador de red le presentan nuevos puntos a interconectar en una red Frame Relay ya establecida o implementada, éste debe evaluar si el costo de acceso no es limitante para la interconexión.

Si al verificar que las nuevas instituciones se encuentran en lugares físicos difícilmente accesibles el diseñador, debe tomar una decisión y sugerir posibles soluciones y no pensar erróneamente que toda la red debe ser implementada con base en la tecnología seleccionada, sino que en determinadas circunstancias es más económico mantener una institución conectada con otra por medio de una línea dedicada, que implementar su conexión a la nueva red.



INSTITUCIÓN	ENLACE	VELOCIDAD
Inst. Central	Banco A	64Kbps
Inst. Central	Banco B	64Kbps
Inst. Central	Banco C	64Kbps
Inst. Central	Banco D	64Kbps
Inst. Central	Banco E	64Kbps
Banco B	Banco D	64Kbps
Banco C	Banco E	64Kbps

Tabla 4.3 Puntos donde se tendrá servicio Frame Relay

#### 4.4.2 Configuración de interconexión

Como estrategia de interconexión utilizaremos dispositivos ruteadores o ROUTER, crearemos una configuración de mallado lógico completo, esto significa que se definirán PVC's entre varios pares de puntos que nos interesa interconectar. (Ver Apéndice B, Configuración de redes Frame Relay).

#### 4.4.3 Patrones de tráfico

Determinar los patrones de tráfico para el caso en estudio, fue una experiencia muy interesante ya que se hicieron mediciones a diferentes horas del día por medio de un analizador de protocolos y se obtuvieron los siguientes resultados (se presentan los más significativos). ( Ver tabla 4.4)

HORA	Tráfico de Datos Nacional	Tráfico de Datos Internacional
0 : 00	46	43
1 : 00	41	48
2 : 00	48	21
3 : 00	29	14
4 : 00	6	8
5 : 00	7	1
6 : 00	9	3
7 : 00	17	5
8 : 00	41	24
9 : 00	167	38
10 : 00	489	105
11 : 00	720	130
12 : 00	852	168
13 : 00	885	206
14 : 00	77	183
15 : 00	741	216
16 : 00	713	193
17 : 00	668	176
18 : 00	681	159
19 : 00	480	104
20 : 00	212	72
21 : 00	104	50

Tabla 4.4 Medición de Tráfico en red actual

La figura 4.5 muestra el patrón de tráfico de transacciones financieras por hora, ésta información es muy importante para el diseñador de redes ya que le permite conocer el tráfico a horas pico, y así determinar el ancho de banda que se asignará a cada Institución que se conectará a la red.

La red se dimensionará para soportar 900 transacciones nacionales y 200 internacionales a la hora pico las cuales tienen una longitud de 200 bytes o sea (1,100 transacciones x 200 Bytes x 8 = 1,760,000 bits).

## Tráfico de la red en paquetes de 200 bytes

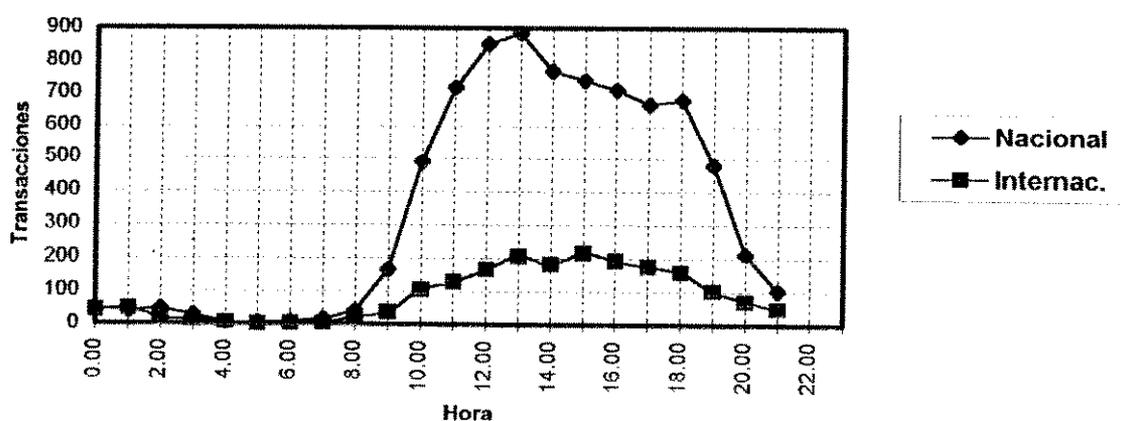


Figura 4.5 Patrón de tráfico por hora

Esta medición fue realizada en un día en el cual el tráfico no era pesado, como lo puede ser en épocas de Navidad, etc. épocas donde las consultas se quintuplican, por lo que el dato obtenido lo debemos estimar realmente en  $1,760,000 \text{ bits} \times 5 = 8,800,000 \text{ bits}$  el cual puede arribar en un periodo de tiempo igual a una hora .

Si a esto le sumamos el posible tráfico generado por actualizaciones de bases de datos el cual oscila entre 35,000 registros y que tienen longitud de 200 bytes, ( $35,000 \times 200 \times 8 = 56,000,000 \text{ bits}$ ), tendríamos un tráfico neto de  $64,800,000 \text{ bits}$  ( $56,000,000 \text{ bits} + 8,800,000 \text{ bits}$ ).

En este momento el diseñador, debe sugerir o evaluar qué ancho de banda es el más adecuado para soportar dicho tráfico, tomando como premisa que el tiempo que se demore la transmisión debe ser el más adecuado para no crear congestión de la red.

La tabla 4.5 presenta una evaluación que es válida para la toma de decisión del ancho de banda a utilizar :

Velocidad a utilizar	Tiempo de proceso	Costo del enlace en \$US
9,600 bps	$64,800,000 \text{ bits} / 9,600 \text{ bps} = 6,750 \text{ seg.}$	300
19.2 kbps	$64,800,000 \text{ bits} / 19.2 \text{ kbps} = 3,375 \text{ seg.}$	500
64 kbps	$64,800,000 \text{ bits} / 64 \text{ kbps} = 1,012.5 \text{ seg.}$	800

Tabla 4.5 Cálculo de ancho de banda

Lógicamente a medida que aumentamos el ancho de banda, el tiempo de proceso disminuye y siendo nosotros dueños de la red, podemos asignar cualquier ancho de banda para interconectar a las diferentes instituciones, y la decisión va a estar enfocada al tiempo de proceso que quiero tener, para un buen rendimiento y disponibilidad de mi sistema.

Pero cuando somos usuarios de una red privada o pública en la cual debemos arrendar un enlace para interconectar a las instituciones, debemos contemplar no sólo el tiempo de proceso, sino también el costo del ancho de banda que quiero utilizar.

Una solución para optimizar costos de arrendamiento de enlaces de comunicación puede ser, establecer horarios de actualización de archivos de bases de datos. Regularmente se hacen en horas de la madrugada en las cuales el arribo de consultas por los comercios no es significativa y esto permite que se utilice todo el ancho de banda para esta actividad. A estas horas no importa si la actualización en vez de transmitirse en 20 minutos a una velocidad de 64 Kbps, se realizan en 30 minutos a una velocidad de 19.2 Kbps. Logrando con esto una reducción considerable de costos de comunicación.

#### 4.4.4 Cálculo de los parámetros de servicio

En la tabla 4.6 se muestran los valores de los parámetros de servicio de Frame Relay para los enlaces de las instituciones en estudio como lo son el CIR, Bc, Be, Tc .  
Un enlace de 64Kbps satisface las necesidades de proceso de las diferentes instituciones por lo que en este diseño  $Be = 64 \text{ Kbps}$  :

$$Tc = Bc/CIR \text{ entonces } Bc = CIR \times Tc$$

$$Bc = 64\text{Kbps} \times 1 \text{ seg.} = 64\text{Kbps}$$

INSTITUCIÓN	CIR	BC	BE	TC
Inst. Central	384Kbps	384Kbps	128Kbps	1 Seg.
Banco A	64Kbps	64Kbps	64Kbps	1 Seg.
Banco B	128Kbps	128Kbps	64Kbps	1 Seg.
Banco C	128Kbps	128Kbps	64Kbps	1 Seg.
Banco D	128Kbps	128Kbps	64Kbps	1 Seg.
Banco E	128Kbps	128Kbps	64Kbps	1 Seg.

Tabla 4.6 Parámetros de servicio de la red Frame Relay en estudio.

#### 4.4.5 Especificaciones de la red

Entre las consideraciones específicas que se tomarán en cuenta para la implementación de la red Frame Relay tenemos :

- **La interface física**

Tomando como referencia las recomendaciones de la ITU-T usaremos la interface V.35 ( ver Apéndice B) entre el dispositivo de comunicación y el Router, de los Router a cada sistema puede utilizarse una interface RJ45.

- **Medio de comunicación**

Se utilizará fibra óptica ya que en lo que a manejo de tráfico se refiere, la fibra óptica tiene una capacidad bastante grande (producto del gran ancho de banda que puede manejar).

- **Dispositivo terminal**

De una gran lista de dispositivos que soportan la interface del protocolo Frame Relay (Routers Lan, Lan Bridges, Lan gateways, Host Computer/Front end Processors, Terminal controllers, Frame Relay Acces Device FRAD) utilizaremos Routers . Los Routers pueden determinar de una mejor forma la ruta para transferir los datos dentro de la red, basado sobre parámetros definidos y requerimientos de calidad de servicio.

- **Conmutación de nodos**

Se instalarán 3 nodos distribuidos estratégicamente dentro del perímetro metropolitano, los cuales darán el servicio de interconexión. Para la conmutación de nodos se define la tabla 4.7 que representa las direcciones asignadas a las diferentes instituciones y se presenta en la siguiente sección el diagrama final de la red Frame Relay que muestra el enrutamiento de dichas direcciones.

Dispositivo Origen	Dispositivo Destino	Nodo Principal	Puerto de entrada	Puerto de salida	Nodo de tránsito	Puerto de entrada	Puerto de salida
Inst. Central - DLCI 435	Banco A - DLCI 121	1	A	B	--	--	--
Inst. Central - DLCI 435	Banco B - DLCI 30	1	A	D	3	A	B
Inst. Central - DLCI 435	Banco C - DLCI 78	1	A	D	3	A	C
Inst. Central - DLCI 435	Banco D - DLCI 85	1	A	C	2	A	C
Inst. Central - DLCI 435	Banco E - DLCI 92	1	A	C	2	A	B
Banco B - DLCI 30	Banco D - DLCI 85	3	B	D	2	D	C
Banco C - DLCI 78	Banco E - DLCI 92	3	C	D	2	D	B

Tabla 4.7 Mapeo de DLCI's para las diferentes instituciones.

- **Capacidad del enlace de transmisión entre nodos**

Se utilizará un enlace de alta capacidad de transmisión entre nodos del orden de un DS1 (T-1 1.544Mbps). El esquema de T-1 es designado como el nivel de señal digital (Digital Signal Level, DS1).

- **Formato de la trama Frame Relay**

El formato de trama Frame Relay descrito en el capítulo anterior describe el mecanismo básico de transporte de datos, sin embargo no permite ningún control local de administración de la interface, o alguna forma que el sistema determine el estatus de la conexión .

Por esta razón, el estándar incluye un mecanismo de señalización en el protocolo (otro formato de mensaje dedicado a generar un poleo de control de la conexión) , denominado LMI (Local Management Interface) el cual es explicado a detalle en el apéndice B.

A continuación se presenta una trama de mensaje a utilizar para interconectar a las diferentes instituciones ver figura 4.6, es importante hacer notar que en el campo de datos puede viajar cualquier estructura de mensaje, esto quiere decir que podemos encapsular los diferentes protocolos que manejan las instituciones como TCP/IP, X.25, SNA y cada sistema interconectado debe tener lógicamente la capacidad de procesar dicha información.

En el campo de dirección viajarán los diferentes DLCI asignados anteriormente para cada institución, por ejemplo para la institución que denominamos como Banco B, le fue asignado el DLCI 30, 30 en binario se representa por 0000011110 para dicho DLCI tendremos que el DLCI de bajo nivel serán los 4 bits menos significativos ( 1110 ), o sea los primeros cuatro bits de derecha a izquierda y el DLCI de alto nivel serán los 6 bits más significativos ( 000001), o sea del bit que ocupa la posición 5 a la 10, contados de derecha a izquierda.

Por último, dependiendo de las condiciones de congestión, serán definidos los valores de FECN, BECN y DE.

Por ejemplo :	Congestionamiento	No Congestionamiento
FECN	1	0
BECN	1	0
DE	1	0

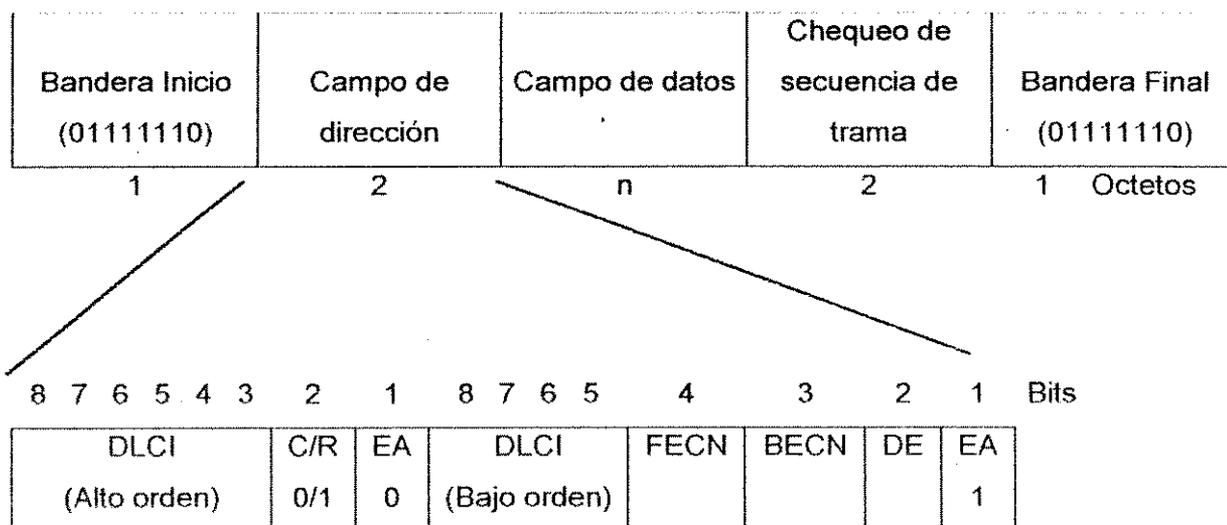


Figura 4.6 Formato Trama para interconectar a las diferentes instituciones participantes.

#### 4.4.6 Diagrama final de la red Frame Relay

Una red Frame Relay, como la propuesta anteriormente facilitaría en gran manera la comunicación entre las instituciones involucradas, ofreciendo una infraestructura digital con baja tasa de errores y permitiendo así que la labor administrativa y de control de la red sea eficiente y menos complicada. A continuación se presenta el la figura 4.7, el diseño final de la red Frame Relay.

**RED CORPORATIVA**      **DISEÑO FINAL**

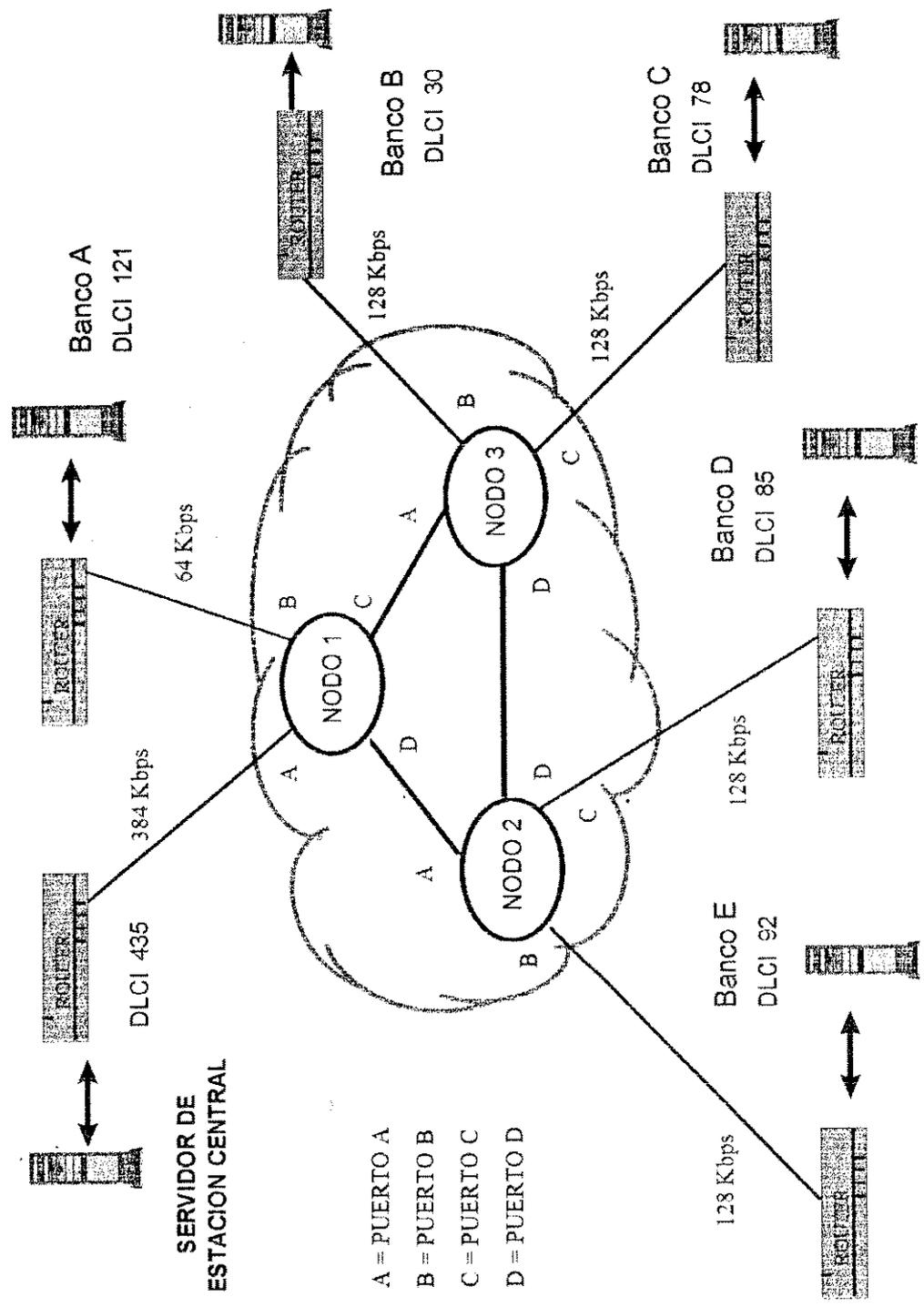


Fig. 4.7 Diagrama final de la red Frame Relay

## CONCLUSIONES

1. Frame Relay es un protocolo de transmisión de paquetes de datos en ráfagas de alta velocidad para interconectar LAN's por medio de una red digital, fragmentados en unidades de transmisión llamadas tramas. Frame Relay es una tecnología apropiada para la constitución de redes de datos de alta velocidad, para interconectar LAN's por medio de redes de área amplia ( WAN ), y está diseñada de tal forma que el procesamiento en los nodos de conmutación es mínimo.
2. Frame Relay soporta velocidades de DS1 (1.54 Mbps) hasta DS3 (45 Mbps) y su utilización más frecuente es en la implementación de back-bones corporativos con interfaces hacia las redes públicas de datos. Frame Relay es una tecnología de paquete-rápido ya que el chequeo de errores no ocurre en ningún nodo de la transmisión. Los extremos de una interconexión son los responsables del chequeo de errores, sin embargo los errores en redes digitales son mínimos en comparación con redes analógicas.
3. En una red Frame Relay, una conexión es conocida como una conexión virtual. Frame Relay maneja circuitos virtuales permanentes (PVC) y circuitos virtuales conmutados (SVC) y por la manera en que estos han sido diseñados, permiten conexiones punto a punto, punto a multipunto y multipunto a multipunto .
4. Una red Frame Relay puede ser altamente viable para poder escoger una nueva ruta en el caso de falla de una línea, y por consiguiente un eficiente patrón de interconexión.
5. En una red Frame Relay se necesita poco hardware para interconectar un punto a múltiples puntos sobre el mismo enlace físico, desplazando así a muchos dispositivos y servicios de líneas dedicadas que se requeriría para interconectarlo.

## CONCLUSIONES

6. En una red Frame Relay se transmiten paquetes de longitud variable. La longitud de los paquetes puede variar entre 1 y 8 kbytes (1024 a 8188 bytes). Esta característica hace a Frame Relay poco apto para transmisión de tráfico de tasa constante de bits (voz, vídeo), dado que si se escogen paquetes muy grandes, se introduce un retardo demasiado alto, o se introduce un retardo variable para cada paquete, lo cual no garantiza que la información fluya en forma natural, degradando la calidad del servicio.
7. Frame Relay es una interface que provee anchos de banda por demanda y aplicando el concepto de interconexión virtual, establece redes virtuales sobre el mismo enlace físico. Esto ofrece simplicidad en diseños de red y operación.
8. La información mínima necesaria para hacer el diseño de una red Frame Relay son, la descripción de conexión origen y conexión destino para cada uno de los puntos a interconectar y la estimación de tráfico que será cursado entre los diferentes puntos.
9. Frame Relay soporta como parte de tráfico de datos a otros protocolos como X.25, y SNA. Ofreciendo con esto un doble beneficio, ahorro de costos en equipo terminal que soporten a dichos protocolos y la disponibilidad de una infraestructura de red flexible.

## RECOMENDACIONES

1. Se recomienda utilizar Frame Relay en la implementación de redes privadas, públicas o híbridas que manejen tráfico pesado a altas velocidades (64Kbps en adelante) ; donde se requiera interconectar a cinco o más puntos, ya que minimiza el número de líneas dedicadas necesarias para formar una red en malla. Lo cual no se aprovecha en una red de pocos puntos.
2. Para garantizar un alto rendimiento de la red Frame Relay se recomienda hacer un dimensionamiento de tráfico, lo más aproximado a las condiciones reales de operación, para poder definir de igual forma los parámetros de cada conexión virtual.
3. Se recomienda la utilización de configuraciones de mallado completo como estrategia de interconexión para asegurar que el tráfico llegue a su destino independientemente de fallas de línea o de congestión de la red. Asociado a esto, se recomienda definir vías alternas para el ruteo de tráfico en caso de congestión o falla de un segmento o nodo de la red.
4. Se recomienda verificar que los dispositivos a utilizar cumplan con las mismas especificaciones a fin de evitar incompatibilidades.
5. No se recomienda utilizar el protocolo Frame Relay en redes donde se utilizarán aplicaciones interactivas como, transmisión de voz, transmisión de vídeo o ambas como videoconferencias, ya que éstas requieren transmisión continua, lo que implica transmisión de paquetes muy grandes introduciendo retardos demasiado altos, lo cual no garantiza el flujo de la información en forma natural, degradando la calidad del servicio.

## BIBLIOGRAFIA

1. Black, Uyles  
FRAME RELAY NETWORKS  
Second Edition, New York, McGraw-Hill 1996
2. Business Communications Review  
EMERGIN BROADBAND TECHNOLOGIES  
New York, BCR Magazine, 1996
3. Frame Relay Forum  
FRAME RELAY IMPLEMENTATION AGREEMENT  
Frame Relay Forum Technical Committee, Mayo 1997
4. Frame Relay Forum  
FRAME RELAY NETWORKS FOR TOMMORROW AND TODAY  
Información obtenida de internet (FRAMEREL/4001.HTM), Agosto 1996
5. Miller, Mark A .  
ANALYZING BROADBAND NETWORKS  
New York, M & T Books, 1995
6. Motorola University Press  
THE BASICS BOOK OF FRAME RELAY  
Massachusetts, Adison-Wesley Publishers, 1994
7. Nolle, Thomas  
FRAME RELAY NETWORKS  
McGraw-Hill, Abril 1994
8. Reichert Acosta, Elsa Carolina  
REDES DE ALTA VELOCIDAD  
Información obtenida de internet (Redes de alta Velocidad /ALTAVEL.HTM), Enero 1997
9. Smith, Philip  
FRAME RELAY Principles and Applications  
Great Britain, Adison-Wesley Publishers, 1994
10. Stallings, William  
UNDERSTANDING FRAME RELAY  
The Network Journal, Diciembre 1993

## APENDICE A

1. CONCEPTOS DE DIRECCIONAMIENTO.....	76
1.1 COORDINACION DE RUTEO .....	76
1.2 IMPORTANCIA LOCAL DE LOS DLCI .....	76
1.3 TRASLACION DE DIRECCIONES .....	77
2. CONCEPTOS ADICIONALES.....	78
2.1 EL MEJOR RESULTADO CON LA RED .....	79
2.2 TASA DE INFORMACION PROMETIDA (CIR).....	80
2.3 CONTROL DE CONGESTIONAMIENTO.....	80

## APÉNDICE A

### 1. CONCEPTOS DE DIRECCIONAMIENTO

El identificador de enlace de datos (DLCI) representa la dirección para la trama. Como se indicó el capítulo 3, cada interface puede definir 992 posibles direcciones o circuitos virtuales permanentes (PVC's) y 32 direcciones son reservadas para otras funciones de red. Cada DLCI es convertido en una dirección de redes separadas por los nodos conmutados de Frame Relay. Con un servicio de PVC's, los DLCI son asignados en el sistema de administración de redes, y no pueden ser establecidos sobre la interface de Frame Relay. En un servicio de SVC's el DLCI será asignado cuando la conexión sea establecida.

#### 1.1 COORDINACION DE RUTEO

Para que el tráfico sea transmitido correctamente, los DLCI deben ser coordinados con el proceso de rutas. En una red de rutas, la decisión a dónde enviar una unidad de datos está basada en la dirección de 32-bits IP. Cuando las rutas están conectadas por líneas privadas, la tabla de rutas simplemente especificará el puerto en el cual los datos deberán de ser enviados. En una configuración Frame Relay, la tabla de rutas tendrá que especificar el puerto de Frame Relay y también el DLCI que será utilizado para enviar tráfico a cada ruta accesible por medio de ese puerto.

#### 1.2 IMPORTANCIA LOCAL DE LOS DLCI

Los DLCI son definidos por cada interface de Frame Relay y tienen importancia local solamente. Esto quiere decir que el DLCI es comprendido por la terminal y el nodo conmutado para establecer una conexión de PVC en particular por medio de la red. Los DLCI que son utilizados para enviar tramas a una estación dada pueden ser diferentes en cada localidad.

El DLCI utilizado para enviar una trama del punto A al punto B, puede ser 106 mientras que el DLCI para enviar una trama del punto C al punto B puede ser 445. La capacidad de tener los mismos DLCI's en todos los accesos de enlace de redes se llama direccionamiento global.

Al utilizar el campo de encabezado con una longitud de dos octetos, los valores de DLCI son los siguientes :

<b>Valor de DLCI</b>	<b>Función</b>
0	Canal de LMI , utilizado para transportar los mensajes LMI para integridad de enlace y señalización de llamadas
1 - 15	Reservado para uso futuro
<b>16 - 991</b>	<b>Disponible para PVC's y SVC's</b>
992 - 1007	Administración de la capa 2 de Frame Relay
1008 - 1022	Reservado para uso futuro
1023	Utilizado para pasar mensajes de administración que relacionan a protocolos de capas superiores a través de la conexión.

### 1.3 TRASLACION DE DIRECCIONES

Cuando la trama es enviada por la red, el DLCI es cambiado. La dirección que es asignada en el nodo destinatario es el DLCI definido por el PVC en la interface. Una forma de pensar en el proceso de traslación es que el DLCI es una dirección para "destinatario" en el lado de transmisión y una dirección de "remitente" en el lado de recepción. (Ver figura A .1)

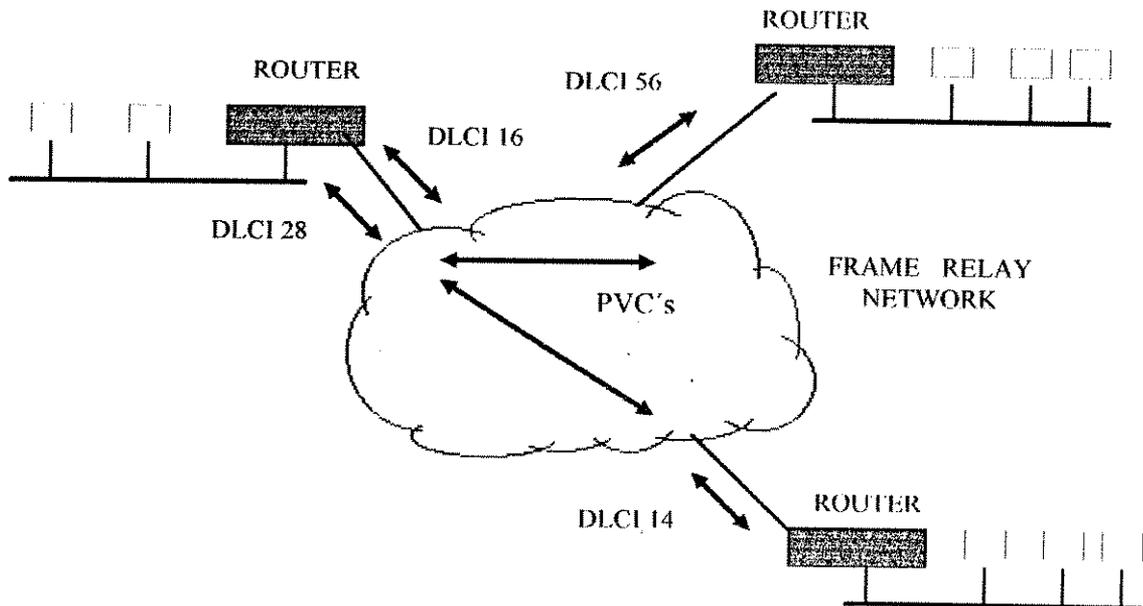


Figura A .1 Traslación de direcciones de los DLCI

## 2. Conceptos Adicionales

Para entender la naturaleza del servicio Frame Relay, hay algunos principios básicos que deben de ser claramente entendidos. Mientras que estos conceptos son inherentes a Frame Relay, su implementación será diferente en cada red Frame Relay. En el análisis de Frame Relay como una solución potencial de redes, todos estos factores deberán ser considerados, porque su implementación será un factor crítico para el servicio que será proveído.

## 2.1 EL MEJOR RESULTADO CON LA RED

El servicio Frame Relay no garantiza que cada trama enviada por un dispositivo será distribuida. Como es de esperarse éste es un punto importante en la utilización del servicio Frame Relay. Un nodo conmutado puede desechar una trama si alguna de las siguientes condiciones ocurre :

- DLCI invalido o hay otros errores en el formato de la trama.
- Hay errores de transmisión.
- Hay condiciones de congestión en la red.

Mientras que la pérdida de tramas es un asunto potencial en cualquier servicio Frame Relay, todavía no ha sido un factor significativo en la mayoría de instalaciones. Al principio los proveedores de las redes Frame Relay habían sobre-proyectado sus redes, para que las condiciones de congestión no alcanzaran el punto donde las tramas son desechadas. También las redes conmutadas tienen características de control que les permita anticipar y evitar condiciones de congestión.

Finalmente, habrá un elemento característico de protocolo operando a un nivel arriba de Frame Relay, para asegurar una distribución confiable. En la mayoría de casos se provee una garantía de la distribución por el protocolo de control de transmisión (TCP). A pesar de esta garantía, la garantía de distribución continúa en cuestión con Frame Relay y debería ser indicado en la justificación de las redes. Las preguntas básicas que deberían ser mencionadas referente a la pérdida de tramas en la conexión son :

- Qué tan frecuente serán las tramas desechadas bajo varias condiciones de tráfico ?
- Qué impacto tendrá en el servicio que se le presta al usuario ?

## 2.2 TASA DE INFORMACION PROMETIDA (CIR)

Cuando cada PVC es establecido, el operador de la red especificará una capacidad de transmisión para la conexión llamada tasa de información prometida (Committed Information rate CIR). El CIR está expresado en bits por segundo y el rango es de 0 a 1.53 Mbps. El CIR define la tasa de transmisión promedio, que la red le garantiza al usuario para distribuir su información en esa conexión bajo condiciones normales.

El CIR no define el tráfico máximo que puede ser distribuido, uno de los principios básicos del mejor esfuerzo en redes es que aunque el tráfico enviado está en exceso del CIR, la red lo distribuirá si hay capacidad disponible. De todas formas el tráfico enviado en exceso del CIR, tendrá una probabilidad más alta de ser desechado.

Si la conexión de acceso de la terminal del usuario a la red es más grande que le CIR, el usuario siempre estará transmitiendo a un valor en exceso. Un factor importante en las redes será, por cuánto tiempo el usuario puede exceder el CIR. En algunas redes habrá un factor de tiempo definido ( por ejemplo ; medio segundo ), mientras que en otros casos es ilimitado.

## 2.3 CONTROL DE CONGESTIONAMIENTO

La definición del valor del CIR para cada PVC es un factor de planeamiento, que el diseñador utilizará para estimar la capacidad total de la red. Habrá una cantidad ilimitada de capacidad de transmisión disponible dentro de la red, y esa capacidad debe ser medida por el operador de la red basándose en la capacidad total del CIR que ha sido vendido. Sin embargo, si el operador de la red experimenta líneas de transmisión o nodos defectuosos, la cantidad total de la capacidad de la red será reducida.

Dependiendo de la severidad, una condición de congestión puede tener dos efectos potenciales en el rendimiento de la red :

- Incremento del retraso del tránsito.
- Pérdida de tramas.

### **RETRASO DEL TRÁNSITO**

Cuando el tráfico en la red empieza a crecer, el primer efecto será un incremento en el retraso del tránsito. Los nodos conmutados tienen capacidades de almacenamiento (Buffering) y por lo tanto, si el tráfico que ingresa a un nodo excede su habilidad de procesar o enviar ese tráfico, éste puede ser retenido en buffers. Los retrasos de tránsito normal, son medidos en décimas de milisegundos, y el retraso de tránsito total no debería de exceder a 1 segundo.

### **PÉRDIDA DE LA TRAMA**

Los nodos conmutados controlan los CIR en todas las conexiones, y las tramas enviadas en exceso del CIR serán identificadas como "elegible para desecho" (DE, discard eligible). Cuando la capacidad de transmisión de una parte de la red se excede por un período largo de tiempo, la capacidad de buffering de esos nodos podría ser excedida. A este punto, el nodo empezará a desechar tramas en base de prioridad.

### **INDICACIÓN DE FECN/BECN**

Cuando la red alcanza el punto donde el tráfico puede ser desechado, una indicación será dada a todos los PVC's que puedan ser afectados. Esa indicación es dada por los nodos conmutados, colocando los bits de BECN y FECN en tramas que salen de la red. El bit BECN es la clave indicadora porque éste da la señal a la trama enviada en la conexión PVC que experimentará la congestión.

## RESPUESTA DEL USUARIO

Cuando el usuario empieza a recibir tramas con los bits BECN colocados en un valor de uno ( 1), éste puede responder a esa situación en una de tres formas.

- Empieza a colocar el bit de DE (Discard eligibility) en tramas salientes en ese PVC a 1 para priorizar la acción de descarga de la red.
- Disminuir la capacidad de transmisión en ese PVC para asegurar que el CIR no se ha excedido.
- Ignorar la indicación, continuar enviando y esperar tener los mejores resultados.

## ENVIAR Y ORAR

Aunque esto parezca peculiar , la tercera opción también conocida como “la opción de enviar y orar”, es muy frecuentemente utilizada. Un factor que permite que la opción de enviar y orar sea utilizada es que cuando TCP / IP es usado en conjunto con Frame Relay, el protocolo TCP llamará por retransmisiones si algunas tramas son desechadas por la red. La importancia no es que los datos van a ser desechados o perdidos irrevocablemente, pero sí el impacto del rendimiento que el usuario verá en el evento de desecho de las tramas.

## APÉNDICE B

CONFIGURACIÓN DE REDES FRAME RELAY.....	83
CONTROL DE SEÑALES CONFORME A RECOMENDACIONES DE ITU-T ....	85
LOCAL MANAGEMENT INTERFACE ( LMI ).....	86

## APÉNDICE B

### Configuración de redes Frame Relay

Podemos contar con tres configuraciones en las que los servicios de Frame Relay pueden ser implementados, en conjunto con dispositivos ruteadores de red.

**Configuración de mallado completo:** En ésta configuración los circuitos virtuales permanentes (PVC's) pueden ser definidos entre varios pares de puntos y todo el tráfico router - a - router podría ser transmitido por medio de la red Frame Relay. Ver figura B.2

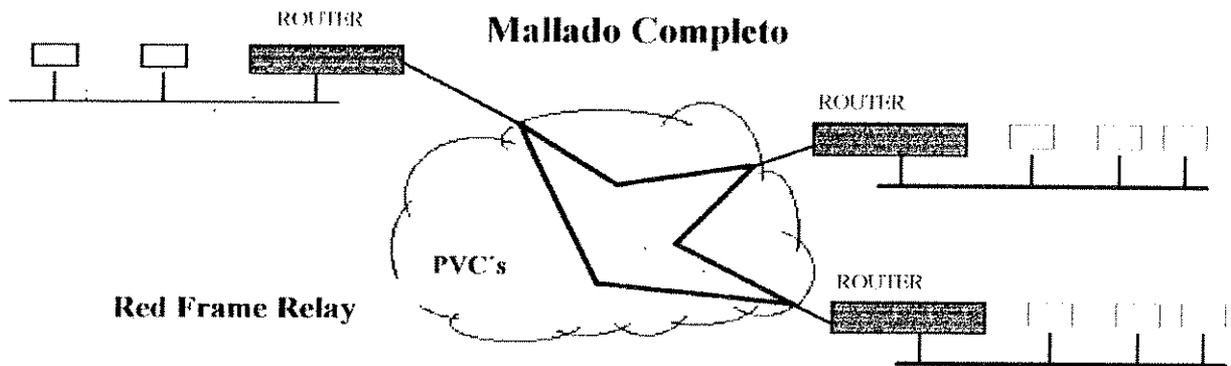


Figura B.2 Configuración de mallado completo

**Configuración de mallado parcial:** En ésta configuración no necesariamente los circuitos virtuales permanentes (PVC's) van a ser definidos entre varios pares de puntos. Sin embargo, si el tráfico va a ser ruteado entre puntos que no están conectados por un PVC, el tráfico podrá ser enviado a través de otro router. Esto significa que el tráfico podrá ser transmitido a través de la red Frame Relay más de una vez. (Ver figura B.3)

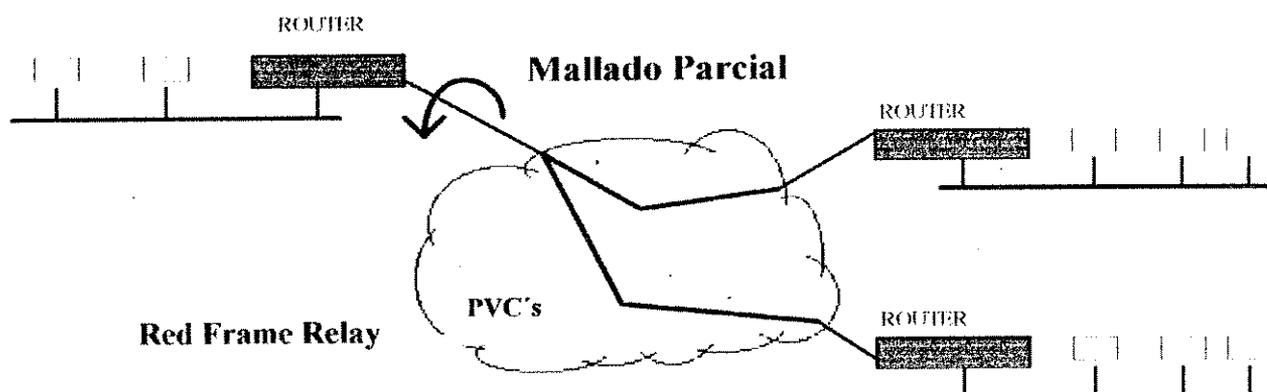


Figura B.3 Configuración de mallado parcial.

**Configuración de Frame Relay con otros servicios :** El diseñador de red, puede elegir una configuración de red mixta de Frame Relay, líneas dedicadas, y otros servicios de transmisión. En éste caso, parte del tráfico router - a - router puede ser enviado a través de la red Frame Relay mientras que otra parte del tráfico podría ser enviado a través de la red Frame Relay a un router intermedio el cual podrá enviar el tráfico a su destino por medio de una línea dedicada. (Ver figura B.4)

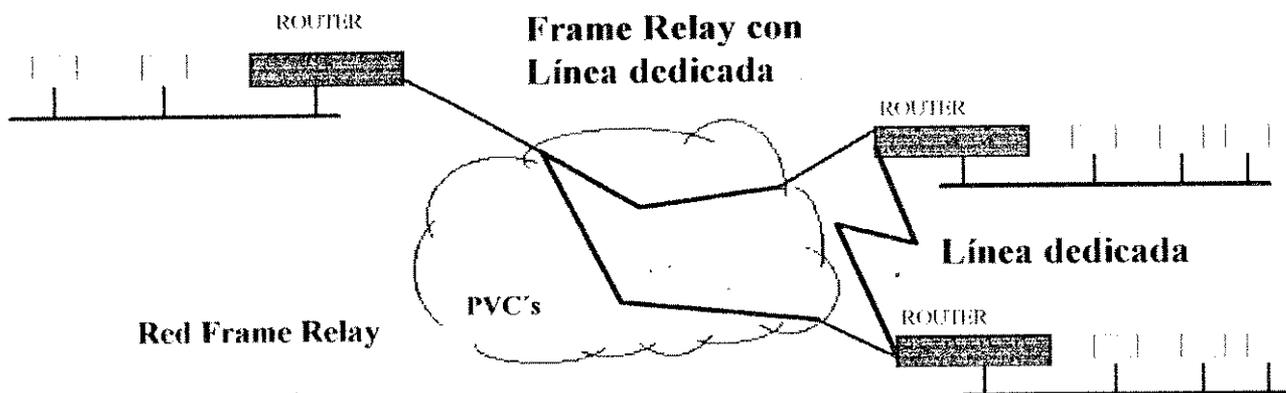


Figura B.4 Configuración de Frame Relay con otros servicios.

## Control de señales conforme a recomendaciones de ITU-T

Conector de la interface V.35 (34 pines)

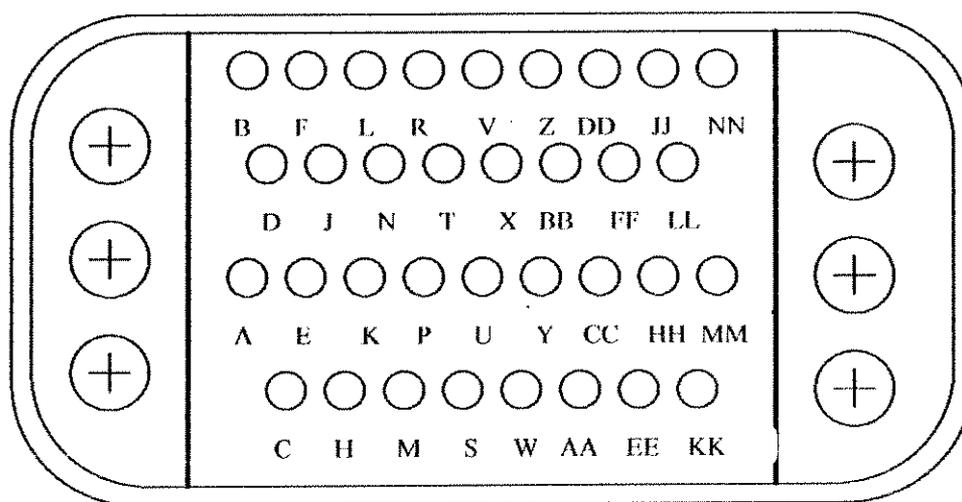


Figura B.3 Conector para interface física V.35

PIN	Circuit Name
A	Cassis Ground
B	Signal Ground
C	Request to Send
D	Clear to Send
E	Data set Ready
F	Receive Line Signal Detect
P	Transmit Data ( A )
R	Received Data ( A )
S	Transmit Data ( B )
T	Received Data ( B )
U	Terminal Timing ( A )
V	Receive Timing ( A )
W	Terminal Timing ( B )
X	Receive Timing ( B )
Y	Transmit Timing ( A )
AA	Transmit Timing ( B )

Tabla B.1 Señales utilizadas para la interface V.35

## Local Management Interface ( LMI )

Dentro del protocolo Frame Relay se hace necesario incluir un mecanismo de señalización para la administración de la red. LMI (Local Management Interface ) o control local de administración de la interface, conforma todas las reglas para Frame Relay relacionadas a la estructura de tramas y operación del protocolo, entre la unidad terminal (bridge o router) y el nodo de conmutación.

**El formato de mensaje de la trama LMI es :**

- **Encabezado** : Este tiene todas las características del encabezado estándar de Frame Relay, con la diferencia que siempre se utilizará el DLCI 0 (cero) para la dirección del campo. Esta dirección significa que el mensaje es un mensaje LMI, ésta dirección no es permitida para uso de usuarios. Sin embargo, algunos fabricantes de equipo utilizan el DLCI 1023 para el LMI.
- **Indicador de innumerables tramas** : Este indicador, indica que las tramas no contienen numeración de secuencia, y es un campo que siempre está presente dentro del mensaje de LMI y siempre se utiliza el código "0 0 0 0 0 1 1" .
- **Discriminador de protocolo** : Este es siempre configurado con el código "0 0 0 0 1 0 0 0" y es utilizado para la compatibilidad con los procedimientos de ISDN. En éste procedimiento el discriminador de protocolo es utilizado para distinguir mensajes de llamadas de control de otros mensajes.
- **Referencia de llamadas** : Las llamadas de referencia son utilizadas únicamente durante el establecimiento de SVC's. Los mensajes de señalización que no hacen referencia a establecimiento de llamadas y terminación de llamadas son configurados con el siguiente código "0 0 0 0 0 0 0 0".

- **Tipos de mensajes** : El propósito de este campo es para identificar el tipo de mensaje de administración que será enviado a través de Frame Relay.

**El LMI incluye los siguientes tipos de mensaje :**

- Lista de los PVC activos por puerto
- Status de cada PVC ( Congestionado o no )
- Agregar o eliminar un PVC activo

De estos tipos de mensaje, son más utilizados los mensajes de Status con el código "0 1 1 1 1 0 1" y el mensaje de respuesta (Status Enquiry) con el código "0 1 1 10 10 1", los cuales generan una especie de poleo que permiten la verificación del Status del enlace físico.

- **Elementos de información** : Los elementos de información contienen los detalles específicos del mensaje del LMI. Este puede ser solamente un elemento de información y regularmente son más de uno, dentro de un mismo mensaje. Estos pueden consistir de un simple octeto o varios octetos de longitud variable.

Ejemplo del Formato de mensaje LMI

8	7	6	5	4	3	2	1
0	1	1	1	1	1	1	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	1
0	0	0	0	0	0	1	1
0	0	0	0	1	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
TIPO DE MENSAJE							
CHEQUEO DE							
SECUENCIA DE TAMA							
0	1	1	1	1	1	1	0

Bandera

Encabezado DLCI = 0, CR= 0

FECN= 0, BECN= 0

Indicador de innumerables tramas

Discriminador de Protocolo

Referencia de llamadas

1er. Elemento de información

- 
- 
- 

N-ésimo Elemento de información

Bandera