

69
2ij



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

DISEÑO DE UNA RED DE INTERCONEXION ENTRE
HOSPITALES PARA TRANSMISION DE DATOS E
IMAGENES MEDICAS EMPLEANDO TECNOLOGIA
"FRAME RELAY"

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
P R E S E N T A N :
EDUARDO ANTONIO GARCIA CORNEJO
ANA ISABEL HERNANDEZ HERNANDEZ
JOSE ALFONSO LIZARRAGA RAMIREZ
MARIA DEL ROCIO PEREZ GONZALEZ
HUGO TORRES PICHARDO



ASESOR DE TESIS: M. EN I. LAURO SANTIAGO CRUZ

MEXICO, D.F.

1996

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

TESIS

COMPLETA

AGRADECIMIENTOS

De manera muy especial expresamos nuestro más profundo agradecimiento a nuestro Director de Tesis: **M en I. Lauro Santiago Cruz** por su valiosa colaboración en la realización de este trabajo.

También queremos hacer patente nuestro reconocimiento y gratitud a la **Facultad de Ingeniería**, la cual se ha caracterizado por formar ingenieros competentes y de un alto nivel profesional.

De igual manera agradecemos a la **Universidad Nacional Autónoma de México** por brindarnos la oportunidad de realizarnos profesionalmente.

Eduardo Antonio García Cornejo
Ana Isabel Hernández Hernández
José Alfonso Lizárraga Ramírez
María del Rocío Pérez González
Hugo Torres Pichardo

A mis Padres, Hermanas y Abuelos, con
mucho amor y gratitud por todo lo que
me han brindado: amor, confianza,
comprensión, apoyo y consejo.
Todo lo que he sido, lo que soy y lo que
seré se lo debo a ellos.

Eduardo.

LO QUE AHORA TIENEN EN SUS MANOS REPRESENTA LA CULMINACIÓN DE UN SUEÑO MUY ANELADO QUE AHORA SE CONVIERTE EN REALIDAD.

GRACIAS.

A MI MAMÁ; PORQUE ERES LO MAS IMPORTANTE EN MI VIDA Y PORQUE SIEMPRE SERAS UN EJEMPLO PARA MÍ. GRACIAS POR HABERME DADO TU CARIÑO Y CONSEJO. GRACIAS POR HABERME INCULCADO LA DICIPLINA DEL TRABAJO. GRACIAS POR NO ESCATIMAR ESFUERZOS PARA LOGRAR MIS METAS. TODO LO QUE SOY TE LO DEBO A TÍ. ESTO ES TUYO. TE AMO.

A MI ABUE Y A MI PA; GRACIAS POR SU MOTIVACION Y CONFIANZA. GRACIAS PORQUE USTEDES FUERON EL PRINCIPIO DEL CAMINO QUE ME HA CONDUCIDO HASTA AQUÍ. ESTE LOGRO TAMBIEN ES DE USTEDES. LOS QUIERO MUCHÍSIMO.

A CARMEN MARIA; POR ESTOS AÑOS DE AMISTAD INCONDICIONAL.

MI AGRADECIMIENTO INFINITO A TODOS AQUELLOS QUE CONTRIBUYERON CON SUS COMENTARIOS A ENRIQUECER ESTE TRABAJO.

ANA ISABEL HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ

DEDICATORIA

A mis padres:

Por ser los pilares que sostienen mi vida; por brindarme el apoyo y la confianza para alcanzar metas como ésta. Por ser el motor cotidiano que me impulsa a seguir adelante y la razón fundamental; porque los amo.

Este es un logro compartido y quiero que lo disfruten conmigo. Por todo esto y mucho más

Gracias

A mis hermanos:

Porque directa o indirectamente se vieron involucrados en este trabajo. Siempre conté con una palabra de aliento y la paciencia para hacer más llevaderos los momentos difíciles. Estando cerca o lejos, queda de manifiesto su excelente colaboración y tengo la certeza de contar con ustedes.

José Alfonso Lizárraga Ramírez

Una sola página es realmente insuficiente para expresar mi más sincero agradecimiento a todas aquellas personas que han contribuido con su apoyo, cariño y dedicación para que esta meta tan importante de mi vida se haya convertido en una realidad, sin embargo, no será un obstáculo para hacerles saber que tengo muy presente su labor. Es por esto que al dedicar a ustedes este trabajo, pretendo decirles que todos sus esfuerzos han sido valorados enormemente por mí y procuraré que se vean reflejados en mi vida futura. Por todo esto, UN MILLÓN DE GRACIAS:

A mis padres, Rubén y Marcelita, quienes nunca conocieron límites para impulsarme a conseguir todas las metas que me he propuesto en la vida. Solo puedo decirles que a ustedes les debo todo lo que soy ahora y que éste es el resultado del enorme esfuerzo que han venido realizando durante tantos años. Espero que puedan sentirse orgullosos de mí, como yo lo estoy de ustedes. Los Amo.

A mis hermanos, Manuel, Carmen, Martha, Xochitl y Dalía, pues realmente son un ejemplo a seguir. A ustedes debo agradecer su constante preocupación por mí y el cariño que me han brindado desde que nací. Los adoro.

Alex: Todo lo que tengo que agradecerte a ti no puede ser expresado solo con palabras, pues desde que te conozco nunca has escatimado esfuerzos para ayudarme a mejorar en todos los aspectos de mi vida. Este trabajo significa la culminación de muchos esfuerzos, y pude realizarlo gracias a tu apoyo, asesoría, disponibilidad y paciencia. Profesionalmente, este logro no es el único que tengo que agradecerte pues la constancia en el trabajo, la responsabilidad, la perseverancia y el sentido del deber los aprendí de ti. Considero que esta es una de las mejores oportunidades que he tenido para decirte cuánto te admiro y sobre todo cuánto Te Amo.

A Dalía y Sergio Chavarría, cuyo apoyo y cariño invaluable siempre tendré presente pues no hubo momento que dejaran pasar para brindarme todas las facilidades que me permitieran conseguir lo que ahora tienen en sus manos, que implica el esfuerzo de muchos años. Todo el amor y las atenciones que han tenido para conmigo les serán siempre devueltos con creces. Los quiero muchísimo

A los abuelos, Carl y Ángel, pues sus sabios consejos siempre han ayudado a superar situaciones difíciles sin perder el optimismo y las ganas de superación. Su cariño ha sido como un oasis. Espero que todas las cosas buenas de la vida las reciban ustedes multiplicadas por mil. Los quiero muchísimo

Al Ing. Rodrigo Correa Santiago, millones y millones de gracias, pues de no haber sido por tu apoyo incondicional, nos hubiera resultado doblemente difícil esta labor. Tu paciencia y disponibilidad siempre serán agradecidas y reconocidas. Espero la oportunidad de devolvértelo a ti o a tu familia, todas las atenciones que siempre tuviste.

A los ingenieros Antonio García, Juan Antonio Estudillo, Fernando Santiago, Javier Valdés y Alex Nuñez, de quienes recibí atenciones que simplemente no se olvidan. Para mí, siempre significarán grandes colaboraciones.

Maria del Rocío Pérez González.

Con este trabajo obtendré mi título.

Yo no puedo hablar de mi título, sería injusto, cuando me refiera a éste, tengo que hablar de nuestro título, el título que mi equipo a logrado obtener.

Este equipo está formado por **Dios** , mi padre **Raymundo Torres**, mi madre **Sara Pichardo** y por supuesto **yo**, un equipo en el que cada uno a realizado su trabajo, para lograr obtener la primera meta de mucha que nos hemos fijado.

Es por esta razón dedico este trabajo, y no solo este trabajo ya que cualquier meta que logre obtener, sera de ellos y para ellos.

Dentro de este equipo tengo que incluir a mis hermanos, **Guillermo, Eduardo y Alberto**. con quienes todos aquellos detalles que hay en la vida , tienen sentido.

Y por supuesto a todos mis familiares y cuates con quienes la vida se vuelve más divertida.

Hugo Torres Pichardo.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	3
1. GENERALIDADES	7
1.1 Necesidades Actuales de Comunicación	8
1.2 Importancia de las Redes de Comunicaciones	9
1.3 Situación Actual de las Redes de Comunicaciones	10
1.4 Necesidades Médicas de Comunicación	13
2. CONCEPTOS BÁSICOS	15
2.1 Comunicaciones Digitales	16
2.1.1 Terminología de Transmisión	16
2.1.2 PCM (Pulse Code Modulation)	18
2.1.3 Modos de Transmisión	25
2.1.4 Técnicas de Modulación Digital	27
2.1.5 Técnicas de Multiplexaje	29
2.2 Redes de Comunicaciones	30
2.2.1 Topologías de Redes	32
2.3 Protocolos de Comunicaciones	36
2.4 Modelo OSI	36
2.5 RDI-64 de Telmex	44
2.6 Fibra Óptica como Medio de Transmisión	50
2.7 Conmutación Digital	54
2.7.1 Conmutación por Circuitos	58
2.7.2 Conmutación por Mensajes	59
2.7.3 Conmutación por Paquetes	60
2.7.4 Enrutamiento	62
2.7.5 Control de Flujo	64
2.8 Procesamiento Digital de Imágenes	66

3. FRAME RELAY	69
3.1 Descripción de la Tecnología Frame Relay	70
3.2 Comparación Tecnológica	81
3.3 Beneficios y Limitaciones	88
3.4 Redes Frame Relay	90
4. DISEÑO DE LA RED	95
4.1 Descripción de la Red	96
4.2 Requisitos para el Diseño de la Red	97
4.3 Tipos de Información Médica	98
4.3.1 Redes con Equipos Médicos	100
4.4 Topología de la Red	102
4.5 Arquitectura de la Red	103
4.5.1 Manejo de Protocolos	131
4.6 Especificaciones de Equipos	149
4.7 Costos y Rentabilidad	164
CONCLUSIONES	170
APENDICE	173
BIBLIOGRAFIA	178

INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN

La importancia que han adquirido las telecomunicaciones en la actualidad ha provocado que cualquier empresa se vea en la necesidad de contar con un sistema de comunicaciones que permita el acceso rápido y confiable a la información que requiera, independientemente del lugar en el que se encuentre. Gracias a los avances tecnológicos y a la evolución de los medios de comunicación, se han desarrollado redes de comunicaciones que vienen a solucionar este problema, pues pueden ser diseñadas para cubrir grandes extensiones geográficas o para trabajar a nivel local, según lo requiera el usuario.

Un área donde la información es vital, debido a la importancia que tiene, es el área médica, ya que la calidad y la cantidad de la información que se maneja son determinantes para lograr los objetivos de diagnósticos correctos y por consiguiente soluciones adecuadas. Sin embargo, el manejo de la información médica en México es de tipo local, es decir, sólo hay acceso e intercambio de ésta dentro del hospital donde se genera, y si es necesario tenerla en otro centro médico debe transportarse de manera tradicional, o sea, de persona a persona.

Actualmente para los hospitales en México se vuelve una necesidad imperante tener acceso a la información que se requiera, independientemente del centro de salud en donde se encuentre y de la cantidad de ésta, de manera sencilla, confiable y en el menor tiempo posible. Estas necesidades pueden ir desde el intercambio de opiniones médicas sobre un mismo caso, hasta el hecho de compartir evidencias visuales de algún padecimiento, como pueden ser: radiografías, placas de resonancia magnética, tomografías, ultrasonidos, electrocardiogramas, encefalogramas, etc.

Con base en los aspectos mencionados anteriormente, el propósito de este trabajo es diseñar una red que interconecte a los diversos centros de salud y hospitales que lo deseen, para que puedan compartir e intercambiar grandes cantidades de información e imágenes mediante una red de telecomunicaciones, diseñada con base en una tecnología capaz de

cubrir estas necesidades de la mejor manera. Para tal efecto, consideramos al protocolo de conmutación de paquetes "*Frame Relay*", como base del diseño de la red, ya que ofrece las siguientes ventajas fundamentales:

- Permite la interconexión de Redes de Área Local ubicadas en lugares remotos con el mismo enlace.
- Permite el manejo de grandes cantidades de información (datos e imágenes) a altas velocidades.
- Para funcionar adecuadamente, requiere de medios de comunicación altamente confiables (fibra óptica).

Para desarrollar el presente trabajo, hemos decidido organizarlo de la siguiente manera: en el Capítulo I denominado *Generalidades*, se exponen los aspectos más importantes sobre el desarrollo de los sistemas de telecomunicaciones, la importancia que han adquirido con el paso del tiempo, su situación actual y las necesidades de comunicación que han surgido en el ramo de la medicina, que es el área de nuestro interés. El Capítulo II, al cual hemos llamado *Conceptos Básicos*, contiene todos los temas que sirven precisamente como base para poder comprender la estructura y operación tanto del protocolo de conmutación de paquetes que emplearemos en el diseño de la red como de ésta misma. En el Capítulo III, se describen todas las especificaciones de la tecnología *Frame Relay*: su arquitectura y funcionamiento, las características de las redes de comunicaciones que emplean este protocolo de conmutación y las ventajas y desventajas que presenta con respecto a otras tecnologías y medios de comunicación.

En el Capítulo IV, donde se realiza el diseño de la red, primeramente se describen las características sobre las cuales se realizará el diseño, los objetivos que se pretenden alcanzar con éste y una descripción del funcionamiento y los requerimientos para la implementación física de la red. Posteriormente se presenta un análisis de los costos generados por la implementación de la red con el propósito de examinar la rentabilidad del proyecto y una alternativa de recuperación de la inversión. En los apartados siguientes se

exponen los resultados obtenidos con la realización de la presente tesis en general y las conclusiones a las que llegamos después de la elaboración del diseño.

Se incluyen también, un pequeño apéndice que contiene los acrónimos empleados a lo largo de la tesis para facilitar el entendimiento de la terminología empleada y la bibliografía consultada.

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

1. GENERALIDADES

1.1 Necesidades Actuales de Comunicación

Hoy en día la interrelación y la interdependencia de empresas geográficamente dispersas cada vez es mayor. Con base en estas razones, la necesidad de contar con un sistema de comunicaciones dentro de sus instituciones, que permita tener acceso a la información deseada sin importar la distancia entre las mismas, resulta ser de gran importancia.

Un sistema de comunicaciones debe ser capaz de lograr la comunicación con el fin de que los usuarios, utilizando el teclado de una terminal o una computadora personal, una terminal de video remota controlada por computadora o alguna impresora, puedan tener confiable y rápido acceso a la información requerida.

En la actualidad, se han podido diseñar nuevos sistemas de comunicaciones de mayor rendimiento y versatilidad, que permiten manejar información de cualquier tipo como video, datos, voz, etc., información que en un principio debido a las limitaciones tecnológicas, no se podía tener acceso de manera sencilla y rápida.

Debido a que la información es de mayor volumen, su manejo se vuelve más sofisticado, lo cual implica que la calidad de dicho manejo debe ser más alta con el fin de obtener un aprovechamiento óptimo de la información.

Por lo tanto, en la actualidad las distintas instituciones tienen necesidad de contar con un sistema de comunicaciones eficiente, práctico, versátil, y capaz de cubrir las necesidades de intercambio de información de manera óptima, con el objetivo de un mejor desarrollo de las mismas y como consecuencia un mejor desarrollo humano.

1.2 Importancia de las Redes de Comunicaciones

Las redes de comunicaciones han dejado de ser un privilegio de algunos para convertirse en una necesidad de todo país o empresa que desee participar en el cambio hacia un nuevo orden mundial. Es por ello que el desarrollo de redes de comunicaciones ha tenido un auge sorprendente en todo el mundo, y México no es la excepción.

Podemos conectar un pequeño número de usuarios directamente, pero sería considerable el problema que causaría el conectar cientos, miles o millones de usuarios que quieran comunicarse unos con otros. Ésta sería una tarea muy difícil de realizar, además de que conectar a nuevos usuarios requeriría nuevas conexiones. Para resolver esta problemática se introdujo el concepto de red.

El concepto de red es muy sencillo, es una disposición de equipos de cómputo, equipos de comunicaciones y líneas de transmisión que permiten la integración del conjunto como un sistema de procesamiento de datos con características definidas. Deben tener la capacidad de adquirir datos de diversas fuentes y de proporcionar datos a muchos usuarios de sistemas de comunicación sin conocimiento de la ubicación física y sus características especiales.

De modo similar, las funciones de control de red, tales como determinación de ruta, secuenciamiento de los datos y control de flujo, se realizan en nombre del usuario de acuerdo a los requerimientos del sistema. Estos requerimientos pueden estar limitados a rutas preestablecidas, sin el conocimiento del usuario sobre la red de interconexión, o de lo contrario, ampliados para permitir la asignación dinámica de ruta y la interacción completa del usuario con las funciones de control de red a través de la interconexión de alto nivel.

La red debe cumplir con una serie de estándares que hagan posible que los dispositivos se relacionen de diversas maneras, es decir, cubrir los productos de comunicación existentes y los futuros con igual facilidad, permitiendo la omisión selectiva y el reemplazo de niveles funcionales de acuerdo con las reglas y requisitos de configuración.

Una red debe tener una filosofía de control, de manera que una porción de red del sistema de comunicación no dependa de otros componentes para mantenerse en operación. La red debe poder continuar la operación si fallan nodos o enlaces; la mayor parte de las redes tienen algoritmos enrutadores que adapta los cambios de topología. También debe ser ultra resistente y confiable además de tener alta eficiencia y bajos tiempos adicionales.

1.3 Situación Actual de las Redes de Comunicaciones

Día con día se generan notas informativas acerca del crecimiento en la infraestructura de las redes de comunicaciones, principalmente en Europa, Estados Unidos y Japón. Sin embargo, en Estados Unidos, por ejemplo, se ha venido perdiendo el concepto de red global debido fundamentalmente a la lucha competitiva que entablan compañías que crean sus propias redes, buscando incorporar nuevos usuarios, con los consiguientes problemas de estandarización.

No es un secreto que el tamaño, complejidad y configuración de las redes de comunicaciones están cambiando rápidamente. Las razones son bien conocidas: crecimiento en el tráfico de datos, incremento de nuevas aplicaciones tales como el *EDI* (*Electronic Data Interchange* - Intercambio Electrónico de Datos), la transferencia de archivos, facsímile, y el *CAD/CAM* (*Computer Aided Design/Computer Aided Manufacturing* - Diseño Asistido por Computadora/Fabricación Asistida por Computadora); todo esto referido a la necesidad de transmitir grandes volúmenes de datos a alta velocidad en patrones de tamaño impredecible conocidos como "ráfagas".

Esta variabilidad en el volumen de tráfico y la frecuencia, pueden hacer que el costo efectivo de la transmisión sea un verdadero reto. Las tarifas han comenzado a descender, aunque en muchos casos la demanda de ancho de banda se incrementa. Así, las investigaciones están encaminadas a mejorar los tiempos de respuesta de los usuarios finales, aumentando el tráfico y disminuyendo considerablemente los costos. Es aquí

donde entran en juego las distintas tecnologías aplicables a redes, como *Frame Relay*, *ATM* (*Asynchronous Transfer Mode* - Modo de Transferencia Asíncrono) o X.25.

Teléfonos de México se perfila a ser el proveedor de servicios multipunto bajo el estándar *Frame Relay* debido a su amplia infraestructura de líneas digitales actualmente instaladas, sin embargo, no podemos descartar las alianzas estratégicas entre Avantel-MCI-Banamex; Bell Atlantic-Iusacell; AT&T-Alfa; Alcatel-Sprint-France Telecom; que competirán arduamente por conseguir adeptos que se incorporen al uso de sus redes.

La normatividad de dicha competencia corre a cargo de autoridades de SCT (Secretaría de Comunicaciones y Transportes) a fin de evitar monopolización de las vías de comunicación.

Por último, cabe señalar que las principales tendencias de las redes de comunicaciones en los próximos dos o tres años se pueden resumir en los 4 puntos siguientes:

1. Redes de Valor Agregado.
2. Interoperatividad.
3. Usuarios Móviles.
4. Supercarretera de Información.

Redes de Valor Agregado

Una Red de Valor Agregado (*VAN; Value Agregate Network*) ofrece servicios a sus usuarios, no sólo de comunicación, sino de solución a la problemática de establecer pedidos con proveedores, emitir órdenes de pago, realización de operaciones financieras, compras, etc. Una red de esta naturaleza utiliza la infraestructura de telecomunicaciones pero lo que cobra al usuario es el servicio de valor agregado que resuelve su última necesidad.

Interoperatividad

La interoperatividad pretende lograr que los equipos y sistemas trabajen eficientemente entre sí, evitando redundancias innecesarias en la organización, permitiendo al usuario de la red disponer de todos los recursos informáticos sin importar el equipo que esté utilizando, además de la reducción de presupuestos destinados a la compra de equipo, y evitando la obsolescencia prematura.

Usuarios Móviles

Un usuario móvil es aquella persona que cuenta con una computadora portátil (*laptop*) que tiene acceso a una red. Esto se logra básicamente a través de dos modalidades. Por un lado, la tecnología denominada "red desconectada", en la que el usuario móvil realiza tareas de comunicación, tales como: captura de datos o envío de correo electrónico cuando su computadora no se encuentra conectada a la red. Al llegar a su base de operaciones de transmisión y recepción de información, podrá conectarse y simplemente transmitir la información hacia otra computadora.

Por otro lado, la tecnología de conectividad inalámbrica permitirá al usuario móvil acceso instantáneo y regular a su red, sin embargo, en el ambiente remoto, la tecnología está aún en período de prueba en comparación con el uso de la telefonía celular.

Supercarretera de Información

El objetivo primordial de la supercarretera de información es crear una sola red a nivel nacional. Al proyecto de integración de las redes que actualmente operan se le ha asignado el nombre de Supercarretera de Información. Esta red tiene como propósito conectar a empresas, universidades, bibliotecas, dependencias de gobierno, etc., para transmitir voz, datos y video a velocidades del orden de los Gbits/s.

Este proyecto nos permitirá el acceso desde el hogar a una gran variedad de servicios, como por ejemplo: compra de productos, correo electrónico hasta casas u oficinas, transacciones financieras, horarios de espectáculos y noticias generadas al día.

1.4 Necesidades Médicas de Comunicación

Indudablemente existen áreas en las cuales el intercambio de información es de vital importancia. Tal es el caso del área médica, pues es en ésta donde un diagnóstico acertado y un tratamiento adecuado a la necesidad de cada paciente, depende no sólo de la capacidad del médico que atiende, sino también de la rapidez y la facilidad con que pueda tener acceso a la información que le permita tener más puntos de referencia para poder analizar un caso particular, la cual se genera actualmente con ayuda de la computación y demás procesos electrónicos, obteniéndose en su mayoría datos e imágenes digitales. De hecho, la situación ideal para cualquier tipo de consulta, es tener a la mano toda la información del paciente (historia clínica y estudios realizados); sin embargo, no siempre sucede así, sobretodo cuando se trata de obtener opiniones especializadas sobre algún padecimiento específico. En la mayoría de los estos casos, la información se intercambia de manera tradicional, es decir, de persona a persona, lo cual implica pérdida de tiempo que puede ser vital.

Actualmente no existe en México un sistema de comunicación a nivel nacional que permita el manejo de la información médica sin la necesidad de trasladarse físicamente de un punto a otro, sobre todo cuando ésta se encuentra en un lugar lejano. Por otra parte, la solución a este problema es perfectamente realizable; aprovechando los recursos tecnológicos de nuestros días, basta con proporcionar un canal de comunicación entre los diferentes centros médicos que permita el acceso a la información deseada, soportando las características de ésta, es decir, crear un red de interconexión para el intercambio de información médica.

Existen diferentes tecnologías que pueden ser empleadas para este efecto, como son: *ATM (Asynchronous Transfer Mode)*, *Frame Relay* y *X.25*, entre otras. Para poder elegir entre una y otra, es necesario tomar en cuenta el tipo de aplicación que se requiere, los recursos económicos con los que se cuenta, la cantidad y el tipo de información, la velocidad de acceso y la confiabilidad que el sistema pueda proporcionar, sin olvidar el área que se desea abarcar, es decir, cuál es la extensión geográfica que se cubrirá. Con base en este último aspecto, cabe mencionar que las redes de comunicaciones pueden clasificarse en dos tipos: Redes de Área Amplia (*WAN: Wide Area Network*) y Redes de Área Local (*LAN: Local Area Network*). Las redes *WAN* son aquéllas que interconectan y dan servicio a varias redes *LAN*. Estas últimas son muy comunes, pues se encuentran en casi todas las empresas que necesitan compartir información en un mismo centro de trabajo, por eso se denominan redes de área local.

CAPÍTULO II

CONCEPTOS BÁSICOS

2. CONCEPTOS BÁSICOS

2.1 Comunicaciones Digitales

Las comunicaciones digitales son un conjunto de procesos o acciones que hace posible el intercambio de información codificada en forma binaria, de un dispositivo electrónico donde se origina dicha información denominado **fuentes**, a otro dispositivo receptor conocido como **destino**.

Los elementos más importantes que conforman un sistema de comunicación digital son:

1. Técnicas de Conversión A/D y D/A (Sistema PCM).
2. Técnicas de Transmisión.
3. Técnicas de Modulación Digital.
4. Técnicas de Multiplexaje Digital.

2.1.1 Terminología de Transmisión

La transmisión de datos ocurre entre un transmisor y un receptor sobre algún **medio de transmisión**, dicho medio puede ser clasificado en **guiado y no guiado**. En ambos casos, la comunicación se realiza a través de ondas electromagnéticas. Cuando el medio es guiado, las ondas son dirigidas a lo largo de una ruta física, por ejemplo, un par trenzado, una cable coaxial o una fibra óptica. El medio no guiado proporciona una plataforma para la transmisión de las ondas electromagnéticas, pero no las guía; por ejemplo, la propagación a través del aire, del vacío o del agua de mar.

El término **enlace directo** es usado para referirse a la ruta de transmisión entre dos dispositivos, en la cual se propagan las señales directamente de un transmisor a un receptor sin intermediarios, excepto equipos amplificadores o repetidores usados para incrementar la potencia de la señal.

Un medio de transmisión guiado es **punto a punto** si proporciona un enlace directo entre dos dispositivos, y estos dos dispositivos son los únicos que comparten el medio de transmisión. En una configuración **multipunto**, puede haber más de dos equipos compartiendo el medio. En la figura 2.1 se presentan los esquemas de comunicación mencionados

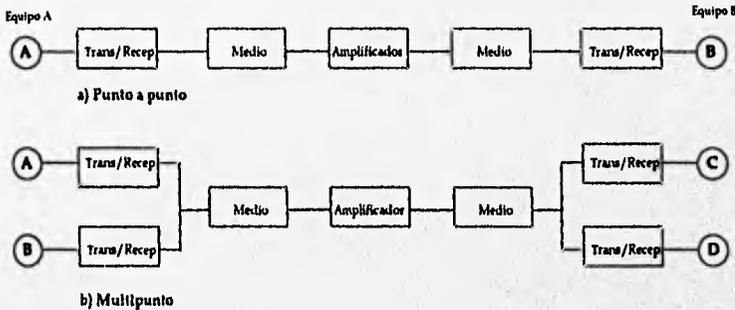


Fig. 2.1 Configuración del Medio de Transmisión.

Un canal o medio de transmisión puede ser **simplex**, **half-duplex** o **full-duplex**. En la transmisión *simplex* las señales se envían en una sola dirección; una estación siempre es el transmisor y la otra el receptor. En la operación *half-duplex*, ambas estaciones pueden transmitir, pero sólo una a la vez. En la operación *full-duplex*, ambas estaciones pueden transmitir simultáneamente. En este último caso, el medio transporta las señales en ambas direcciones y al mismo tiempo.

En la figura 2.2 se muestran los tipos de canales de transmisión y las funciones realizadas por cada uno de éstos que han sido descritas en el párrafo anterior.

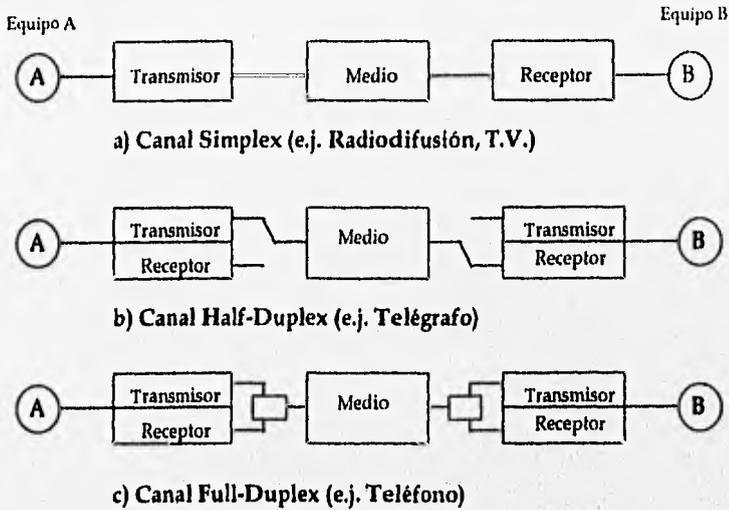


Fig. 2.2 Tipos de Canales de Transmisión.

2.1.2 PCM (Pulse Code Modulation)

En el presente apartado se describirá brevemente una de las técnicas de conversión analógica/digital más utilizadas en la actualidad en el campo de las comunicaciones: la técnica *PCM* (*Pulse Code Modulation* - Modulación por Código de Pulso), por ser una herramienta sencilla, de fácil procesamiento y que se ha convertido en un estándar para la conversión analógica/digital en el ramo de las telecomunicaciones.

La modulación por codificación de pulsos está conformada principalmente por las siguientes etapas:

1. Muestreo
2. Cuantización
3. Codificación

1. Muestreo

Consiste en tomar suficientes lecturas o "muestras" de la señal original. Para determinar la velocidad de muestreo, se hace uso del Teorema de Muestreo, el cual establece: Toda la información de la señal original estará representada por muestras tomadas a intervalos regulares de tiempo si:

- La señal original tiene un ancho de banda limitado, es decir, que no contiene ninguna componente con una frecuencia arriba de un valor dado f_{\max} .
- La frecuencia de muestreo, f_s , es mayor al doble de la frecuencia más alta de la señal original, esto es:

$$f_s > 2f_{\max}$$

El resultado del muestreo es una señal PAM (Pulse Amplitude Modulation - Modulación por Amplitud de Pulso), donde cada pulso corresponde directamente a la amplitud de la señal original.

En la figura 2.3 se presenta un ejemplo del muestreo aplicado a una señal de voz. Como puede observarse, la señal **b** es un conjunto de puntos con un valor específico en dB que proporcionan una aproximación de la señal original. La mejor aproximación será la que cuente con un mayor número de puntos.

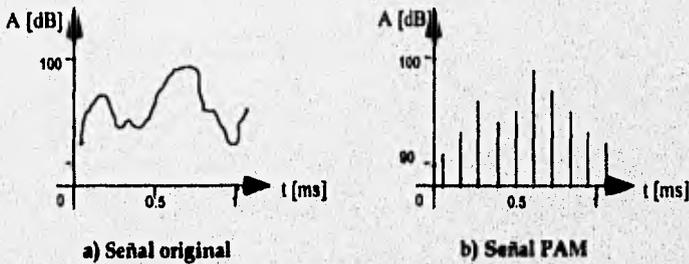


Fig.2.3 Muestreo.

1. Por ejemplo, en telefonía se trabaja con una ancho de banda de 300 a 3400 Hz. Una frecuencia de muestreo apropiada es 8000 muestras/seg, ya que cumple con los requerimientos para que no se pierda información ($3.4 \times 2 = 6.8$ kHz, el cual es inferior a 8 kHz).

2. Cuantización

La transmisión digital involucra la transferencia de valores numéricos. Por tanto debemos medir el "peso" de los pulsos en la señal PAM y dar a cada pulso un valor numérico. Para no obtener un número infinito de valores numéricos, los niveles de amplitud se dividen en intervalos. Todas las muestras que caen dentro de un determinado intervalo se les da el mismo valor, esto se conoce como cuantización de la señal. La cuantización implica un compromiso con la exactitud. La serie de números ya no representa realmente la señal original. La desviación se conoce como **distorsión de cuantización**.

Los intervalos de cuantización serán lo suficientemente pequeños, de manera que aún las variaciones de amplitud más pequeñas pueden ser transmitidas adecuadamente. Sin embargo, al mismo tiempo obtendríamos intervalos innecesariamente pequeños para las amplitudes mayores, además de un número grande de valores a transmitir. El ideal sería un esquema que incremente el intervalo de cuantización conforme aumenta la amplitud. La relación amplitud/distorsión debería mantenerse constante. Además, tenemos que encontrar el balance correcto entre el número de intervalos de cuantización y la calidad de transmisión deseada. En la figura 2.4 puede apreciarse los nivel cuantizados de las propias muestras.

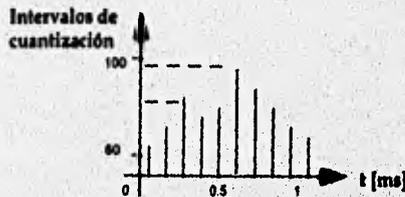


Fig. 2.4 Muestras con sus Correspondientes Niveles Cuantizados.

Existen dos modelos para resolver el problema mencionado. Entre varias elecciones, la CCITT ha aceptado dos leyes de compresión: la ley A, utilizada en Europa y rutas internacionales, y la ley μ , utilizada en Estados Unidos y Japón. El parámetro de compresión (A o μ) determina el grado de compresión de la señal. Para obtener una relación señal a ruido casi constante a través de un rango dinámico de potencia de la señal de entrada, μ deberá tener valores de 100 ó 225, mientras que A tendrá un valor de 87.6, dichos valores son estándares aceptados mundialmente.

Las señales comprimidas son restauradas en el receptor mediante el uso de un expansor con características complementarias al compresor. El compresor y el expansor forman juntos el llamado **compansor**. En PCM no se comprime la señal de mensaje sino sus muestras.

3. Codificación

Lo único que resta es dar a nuestros valores una forma apropiada para transmitirlos. Esto se realiza con pulsos binarios, es decir, con pulsos con sólo dos niveles de voltaje. Ocho de tales pulsos son suficientes para formar un código único para cada valor de los intervalos ($2^8 = 256$). El equipo sólo necesita diferenciar entre pulsos de un nivel u otro.

La codificación de señales binarias es usada para modificar los datos digitales y mejoran el desempeño de la comunicación. A continuación se presenta una lista de criterios de evaluación de señales digitales:

Componente de C. D.

Una señal con componente de corriente directa es una mala señal, dado que provoca que la capacitancia de la línea de transmisión se esté cargando cada vez que se envíe un mensaje y siempre tendremos unos a la salida de la misma.

Inmunidad a la Inversión

Esto se explica cuando el código se invierte sin afectarse la información.

Detección de Errores

Si un código detecta errores en el mensaje se considera un buen código, si no lo hace se considera un mal código.

Propagación de Errores

Basta con un error en un bit para que los bits subsecuentes se propaguen mal, es decir, si se apoya en un bit para identificar el siguiente bit existe propagación. Si cada bit se identifica por sí mismo, el cual no depende de los otros bits, se considera un buen código.

Contenido de Reloj

Debe haber una sincronía en el reloj de transmisión y el reloj de recepción. Una señal con muchos cambios de nivel es buena, porque permite la sincronía y la recuperación de la señal de reloj es fácil de realizar; si no tiene estos cambios de nivel se considera que no es buena señal.

Ancho de Banda

La mejor señal es la que tiene el menor ancho de banda. Es conveniente dar una breve explicación de los códigos más utilizados, así como su representación gráfica.

- **NRZ** (*Nonreturn to Zero* - No retorno a cero)

Es la técnica de codificación más común en computadoras o terminales, pero no se adapta tan bien a los canales de comunicación. Un 1 se representa con un nivel alto de

voltaje, mientras que un 0 se representa con un nivel bajo. La designación "no retorno a cero" refleja el hecho de que el pulso no pasa por cero durante un intervalo de bit.

- **RZ Unipolar** (*Return to Zero* - Retorno a cero)

Cada bit se divide en dos partes, la primera corresponde a la información y la segunda siempre es un 0. Es la única técnica que produce señales con un valor de DC diferente de cero.

- **RZ Bipolar** (conocido también como *AMI; Alternate Mark Inversion* - Inversión Alternada de Marca)

Una vez más los bits se dividen en dos partes, sólo que ahora los 1's se alternan en niveles positivos y negativos de voltaje. La segunda parte del bit siempre es 0. La alternancia de los bits en la señal elimina la componente de DC.

- **Manchester** (también conocido como Bifásico)

El bit se divide en dos partes. Para codificar un 1 pasamos de un nivel bajo a un nivel alto en la mitad del bit. Para codificar un 0 pasamos de un nivel alto a un nivel bajo. Cabe señalar que este código no tiene componente de DC, no propaga errores, no tiene señal de reloj y no es inmune a la inversión. A pesar de todo esto, es el código más utilizado en Redes de Área Local (*LAN; Local Area Network*)

- **Miller** (en ocasiones llamado *Delay* - Retraso)

Para codificar un 1 hay un cambio de nivel a la mitad del período. Para codificar un 0 hay cambio de nivel al final si el próximo bit es un 0, y no cambio de nivel si el próximo bit es un 1.

- **Multinivel**

Existen códigos para 4, 8 y hasta 2^n niveles. La ventaja más grande que presentan este tipo de códigos es que reducen su ancho de banda a la mitad, un cuarto, etc., respecto al ancho de banda de una señal NRZ. La principal desventaja es que no resulta fácil reconocer la señal con todo el ruido que se introduce en la misma.

Para el caso de una señal de 4 niveles, la codificamos como indica la tabla:

A	B	Salida 4 niveles
0	0	-3 V
0	1	-1 V
1	0	+1 V
1	1	+3 V

En la figura 2.5 se muestran las gráficas correspondientes a cada uno de los códigos mencionados.

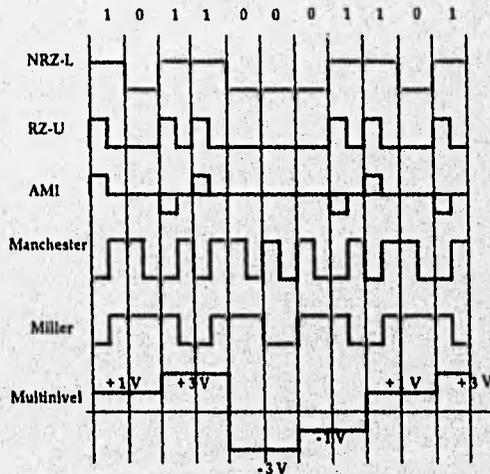


Fig. 2.5 Formatos de los Códigos más Usuales.

2.1.3 Modos de Transmisión

La sincronización es una de las tareas clave de las comunicaciones de datos. Es bien sabido que cuando un transmisor está enviando un mensaje de bit en bit, a través del medio de transmisión, el receptor debe reconocer el inicio y final del bloque de bits. También debe saber la duración de cada bit y el momento justo en que debe leerlo. Es por ello que la sincronización juega un papel muy importante en la transmisión de información.

Para enviar datos de una computadora a otra, se pueden emplear dos métodos diferentes: **asíncrono** o **síncrono**. En el modo asíncrono, los caracteres son transmitidos individualmente. La transmisión asíncrona se conoce también como *start/stop* - inicio/paro. Esto se debe a que los bits de inicio y paro son colocados en los extremos de los bits que componen cada carácter individual, indicando cuando inicia y cuando termina el mensaje.

Cuando no ha sido transmitido el carácter, la línea entre transmisor y receptor permanece en un estado de "ocio". Por convención se le asigna un 1 binario indicando la presencia de voltaje al estado antes mencionado. El comienzo de un carácter es señalado por un bit de inicio (0 lógico). Posteriormente viene el mensaje, que consiste de 5 a 8 bits, y en algunos casos, seguido de un bit de paridad. El bit de paridad es enviado para que el número de 1's en el mensaje, incluyendo el bit de paridad, sea siempre par o non, dependiendo del tipo de paridad seleccionado. Este bit sirve para la detección de errores en el receptor. El último bit del carácter es un bit de paro (1 lógico). El bit de paro hace las veces del estado de ocio en la línea, esperando el siguiente bit de inicio y llevar a cabo otra transmisión.

En la figura 2.6 se presenta el formato de transmisión de datos en modo asíncrono.

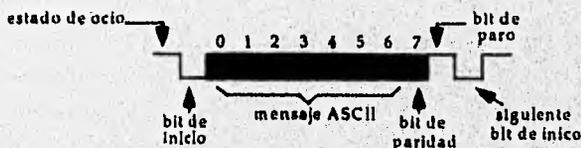


Fig. 2.6 Formato para Transmisión Asíncrona.

En contraste a la técnica asincrónica orientada a flujo, donde son enviados los caracteres individualmente, la **transmisión síncrona** envía bloques de datos enteros (constituido por muchos caracteres). En el modo síncrono, los modems ubicados a cada extremo de la conexión proporcionan una señal de temporización o reloj, que sincroniza el intercambio de información. Es evidente que ya no se hace uso de los bits de inicio y paro en el mensaje.

Con la transmisión síncrona se requiere otro nivel de sincronización que permita al receptor determinar cuando inicia o termina un bloque de datos. Para lograr esto, cada bloque empieza con un bit patrón llamado *preámbulo* y termina con un bit llamado *postámbulo*. Tales bits constituyen el formato de trama de control de información. Dependiendo del formato exacto de la trama, el esquema de transmisión puede ser orientado a carácter, o bien, orientado a bit, como se observa en la figura 2.7.

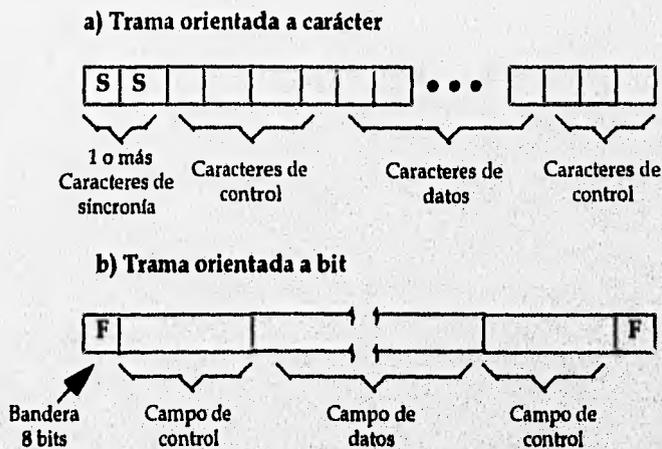


Fig. 2.7 Formatos para Transmisión Síncrona.

2.1.4 Técnicas de Modulación Digital

La razón principal de la modulación es cambiar la banda de frecuencias ocupada por una señal a una banda apropiada para la transmisión, de tal manera que facilite la comunicación.

La modulación involucra una operación sobre una o más de las tres características de una señal portadora: amplitud, frecuencia y fase. Por consiguiente hay 3 codificaciones básicas de modulación para transformar datos digitales en señales analógicas:

- *Amplitude Shift Keying (ASK)*
- *Frequency Shift Keying (FSK)*
- *Phase Shift Keying (PSK)*

En todos los casos la señal resultante ocupa un ancho de banda centrado sobre la frecuencia de la portadora.

- En *ASK*, los dos valores binarios son representados por dos diferentes amplitudes de la frecuencia portadora. Comúnmente, una de las amplitudes es cero, es decir, un dígito binario es representado por la presencia o ausencia de portadora a amplitud constante. *ASK* es susceptible a los cambios súbitos de ganancia, esto lo convierte en una técnica de modulación ineficiente, a menos que se emplee en fibra óptica.
- En *FSK*, los dos valores binarios son representados por dos diferentes frecuencias cercanas a la frecuencia de la portadora. *FSK* es menos susceptible a errores que *ASK*. En líneas de voz, es usado a velocidades superiores a 1200 bps. Se usa también comúnmente en transmisión de radio a alta frecuencia (3 a 30 MHz) y en redes *LAN* que utilizan cable coaxial.
- En *PSK*, la fase de la señal portadora es cambiada para representar los datos. En este sistema, un 0 es representado por el envío de un pico de señal de la misma fase que la

señal previamente analizada. Un 1 es representado por el envío de un pico de señal de fase opuesta a la señal precedente.

Se puede lograr un uso más eficiente del ancho de banda si cada elemento de la señal se representa con más de un bit. Por ejemplo, en lugar de un cambio de fase de 180° , como en *PSK*, una técnica de modulación empleada, conocida como *QPSK* (*Quadrature Phase Shift Keying*) usa cambios de fase múltiplos de 90° .

En la figura 2.8 se presentan los principales formatos de la modulación digital.

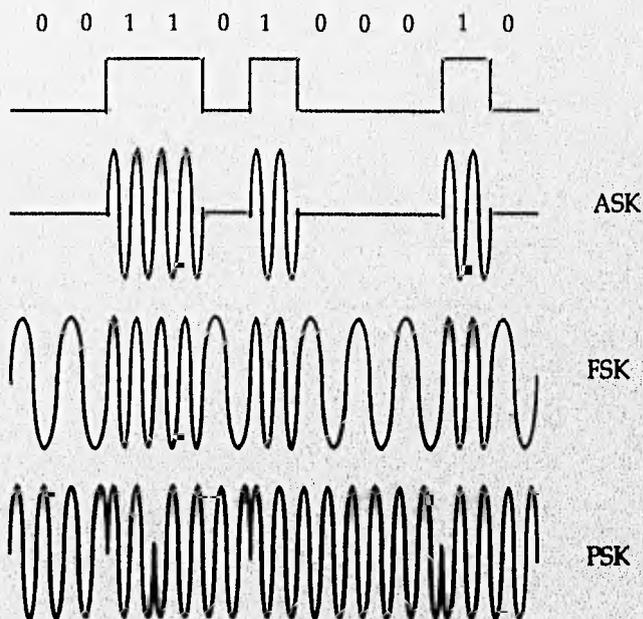


Fig. 2.8 Formatos Principales de la Modulación Digital.

2.1.5 Técnicas de Multiplexaje

Muchos medios de comunicación tienen más capacidad disponible de la que necesitan para sus conversaciones, esto es posible debido a que comparten el medio de transmisión entre diferentes usuarios, reduciendo costos por usuario, eliminando equipo extra, etc.

Las dos técnicas que permiten compartir el medio de comunicación son el **multiplexaje** y la **concentración**. En cada caso, varios canales de entrada emplean el mismo canal de salida (de alta velocidad). El multiplexaje involucra la asignación fija de trozos de capacidad del canal para cada usuario, esto se realiza por medio de dispositivos llamados multiplexores.

Las técnicas de multiplexaje más usadas son: multiplexaje por división de frecuencia (*FDM; Frequency Division Multiplexing*), multiplexaje por división de tiempo (*TDM; Time Division Multiplexing*) y el *TDM* Asíncrono.

Multiplexaje por División de Frecuencia (*FDM*)

El multiplexaje por división de frecuencia es posible cuando el ancho de banda útil del medio excede el ancho de banda requerido para que las señales sean transmitidas. Un número de señales son transportadas si cada señal es modulada a diferentes frecuencias de la portadora, y las frecuencias están lo suficientemente separadas entre sí para evitar traslapes, como se indica en la figura 2.9.

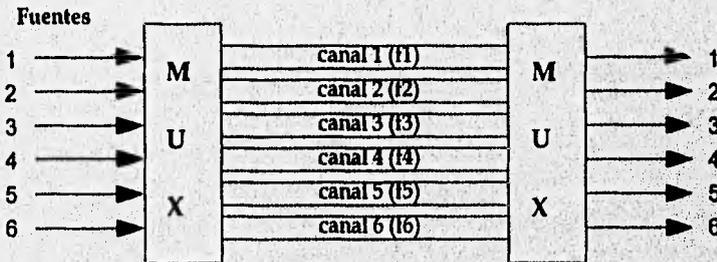


Fig. 2.9 Multiplexaje por División de Frecuencia.

Multiplexaje por División de Tiempo (TDM)

El multiplexaje por división de tiempo síncrono es posible lograrlo cuando la velocidad de datos alcanzable del canal, excede la velocidad de los datos de las señales a ser transmitidas. Múltiples señales pueden ser transportadas sobre una ruta de transmisión sencilla, por medio de la asignación de intervalos de tiempo para cada señal. La figura 2.10 muestra un esquema básico del multiplexaje por división de tiempo.

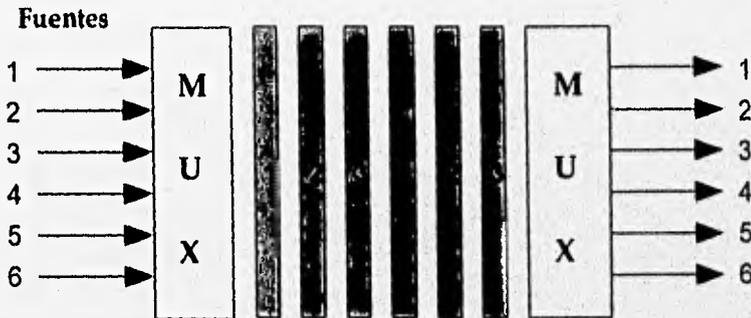


Fig. 2.10 Multiplexaje por División de Tiempo.

El TDM asíncrono asigna intervalos a las ranuras de tiempo dinámicamente, es decir, dependiendo de qué intervalo requiere un mayor o menor tiempo de transmisión, le proporciona una ranura de tiempo adecuada a la demanda de la señal. Para ello utiliza buffers en las filas de tramas, que permitan almacenar momentáneamente las ranuras de tiempo.

2.2 Redes de Comunicaciones

La complejidad que asociamos al término red se fundamenta en el desarrollo que han alcanzado los equipos (tanto *hardware* como *software*) que la conforman.

Sin embargo, una red puede ser descrita como un grupo de nodos que se relacionan entre sí (figura 2.11). Los nodos pueden ser terminales o uniones. Las uniones realizan funciones tales como completar un enlace entre dos terminales, decidir en que orden debe llevarse a cabo la transferencia de información y almacenar temporalmente a ésta a través de la ruta de intercambio. En los nodos terminales se encuentran los dispositivos conectados a la red. Los nodos se encuentran conectados por medio de trayectorias las cuales forman el medio de comunicación, éste puede ser, por ejemplo, par trenzado, cable coaxial, microondas, radio, etc.

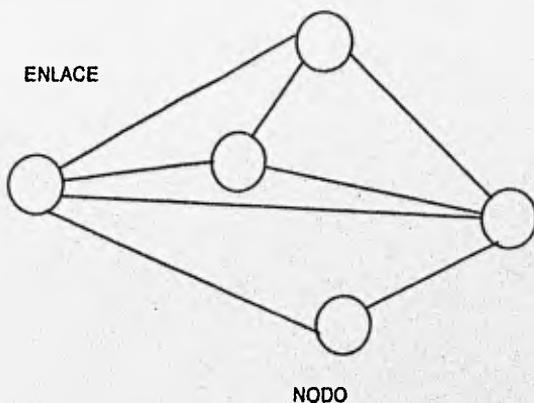


Fig. 2.11 Red.

En las terminales se encuentran dos clases de equipos que son fundamentales en la transmisión de datos:

Equipo terminal de datos DTE (*Data terminal equipment*)

El DTE es el punto de donde parte la información o bien, es el punto de destino final de la información. En este equipo se encuentran los datos que se desean transmitir, y pueden ser computadoras, *work stations* (estaciones de trabajo), videotexto, etc.

Equipo de comunicación de datos DCE (*Data communications equipment*)

Los DCE son los que adecuan la información contenida en los DTE al medio de comunicación, esto quiere decir que los DCE son una interfaz entre los DTE y la red de comunicaciones, como ejemplo de estos equipos se puede mencionar un *modem* (modulador/demodulador), un multiplexor, un *line-driver*, etc.

2.2.1 Topología de Redes

La topología puede ser descrita como el arreglo de enlaces de comunicación y elementos de conmutación que determina la trayectoria que los datos seguirán para viajar entre dos nodos.

Existen una gran variedad de maneras en las que una red puede ser organizada. Si la red tiene solamente un servidor o computadora anfitriona haciendo todo el procesamiento de datos para una o más estaciones de trabajo remotas, entonces se dice que es una red centralizada. Si hay mas computadoras remotas de procesamiento de trabajo para usuarios finales, así como el servidor , entonces la red puede considerarse como distribuida. Las topologías de redes se describen como:

Punto a punto

Es sin duda alguna la más simple de las topología, ya que tiene dos nodos que son conectados por medio de una línea de comunicación. La computadora anfitriona que se encuentre en alguno de los extremos no necesita ser de capacidades enormes. Una microcomputadora puede ser suficiente. Sin embargo, algunos sistemas tienen computadoras de gran capacidad como servidor.

Multipunto

Originalmente constituyen una extensión de los sistemas punto a punto, sólo que en vez de tener una terminal remota, existen muchas de ellas. Los nodos pueden ser conectados vía líneas de comunicaciones independientes o pueden ser multiplexados sobre una sola línea.

Estrella

En esta topología cada nodo se encuentra conectado por medio de una sola línea de comunicación a un nodo central que actúa de controlador del flujo de información hacia cada dispositivo del sistema, dicho servidor se encuentra en el núcleo de la estrella (figura 2.12). El inconveniente de esta forma de distribución es que si el controlador central falla, todo el sistema deja de funcionar. Así mismo, la red puede crecer sólo hasta alcanzar la capacidad del servidor.

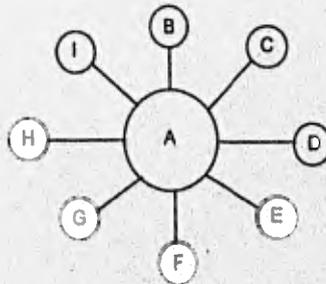


Fig. 2.12 Topología estrella.

Anillo

Una red tipo anillo es organizada conectando los nodos en un lazo cerrado con cada nodo conectado a aquellos que le son adyacentes a su izquierda y derecha (figura 2.13). La información es transmitida de nodo a nodo en una dirección. Cada nodo debe ser capaz de reconocer su propia dirección para así retransmitir la información a otros nodos. La

ventaja de esta topología es que los datos pueden ser transmitidos a altas velocidades y el costo es bajo. La desventaja es que si un nodo o conexión falla, toda la red podría dejar de funcionar.

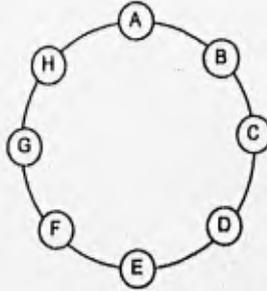


Fig. 2.13 Topología anillo.

Horizontal o de Bus

En esta topología los nodos se encuentran conectados a una línea de comunicaciones (*bus*), de manera que todos ellos reciben la información que viaja a través de él (figura 2.14). Si bien, cada nodo actúa como si fuera parte de una red anillo, un nodo no depende del siguiente para que el flujo de información continúe. Cuando un nodo reconoce que un mensaje va dirigido a él, lo saca del canal. Como consecuencia de esta independencia, aumenta la confiabilidad de la red.

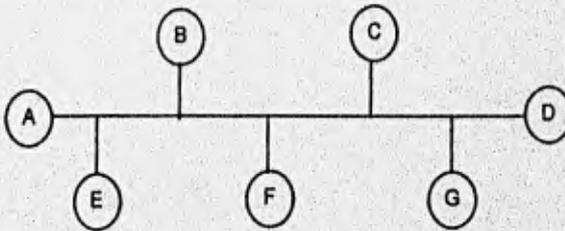


Fig. 2.14 Topología horizontal o bus.

Jerárquica o de árbol

Para esta topología se tiene que existe un nodo en el cual se concentran las tareas de distribución y control, este nodo se encuentra situado en el nivel de mayor jerarquía de la red. Pueden existir también árboles subordinados al nodo de mayor nivel (figura 2.15). La desventaja que presenta esta configuración es que pueden presentarse "atascamientos" de información en las líneas superiores y si el nodo superior falla, esto provocaría el colapso de la red completa.

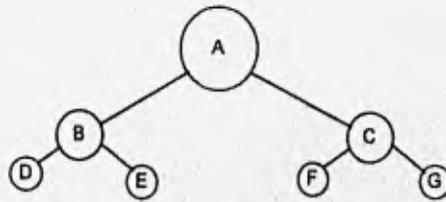


Fig. 2.15 Topología jerárquica o de árbol.

Malla

Por medio de esta topología se pueden conectar varios nodos por diferentes caminos (figura 2.16). El objetivo de esta conexión es evitar la saturación de la red debido al tráfico de datos. La ventaja de esta conexión es que en caso de fallo en algún punto, la red sigue trabajando ya que la información puede ser transmitida por diferentes trayectorias. La desventaja radica en el costo de este tipo de redes.

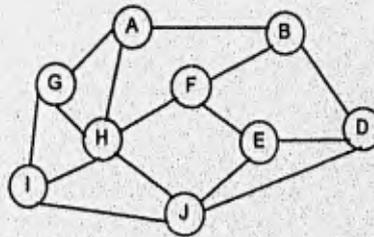


Fig. 2.16 Topología malla.

2.3 Protocolos de Comunicaciones

Como ya se ha mencionado, la creciente necesidad de comunicación a nivel mundial, ha propiciado que en la actualidad se realicen grandes esfuerzos para estandarizar normas y procesos de comunicación independientes del equipo y/o del fabricante del mismo. Por esta razón se han adoptado convenciones que son comúnmente llamadas *protocolos de comunicación*.

Los protocolos de comunicaciones son conjuntos de reglas y procedimientos que han sido establecidos con base en una estandarización previa y que tienen por objeto permitir que dos o más equipos puedan interactuar en el intercambio de información. Esto es posible ya que en dichos conjuntos se incluyen ciertas regulaciones que recomiendan u obligan a emplear una técnica específica en el proceso de comunicación y, es precisamente este hecho el que da la pauta para lograr la independencia deseada.

Existe una gran diversidad de protocolos, sin embargo, los elementos clave de cualquiera de ellos son los siguientes:

- **Sintaxis.** Se refiere a la estructura de la información transmitida, es decir, el formato de los datos, la codificación y representación en términos de niveles y señales.
- **Semántica.** Significado de las señales intercambiadas, incluyendo el control de la información y la manipulación de los errores.
- **Regulación de tiempo.** En este apartado se considera el tiempo en el cual los datos deben ser transmitidos para que sean "vistos" por el receptor, así como la secuencia de los mismos, la velocidad de transmisión y demás.

2.4 Modelo OSI

El diseño de la mayoría de las redes de telecomunicaciones se realiza con base en arquitecturas denominadas "en capas". Este tipo de arquitectura tiene por objeto organizar a la red en varios niveles, de tal manera que permita reducir la complejidad del diseño. El

proceso de comunicación entre dos sistemas que emplean este tipo de arquitectura se ilustra en la figura 2.17.

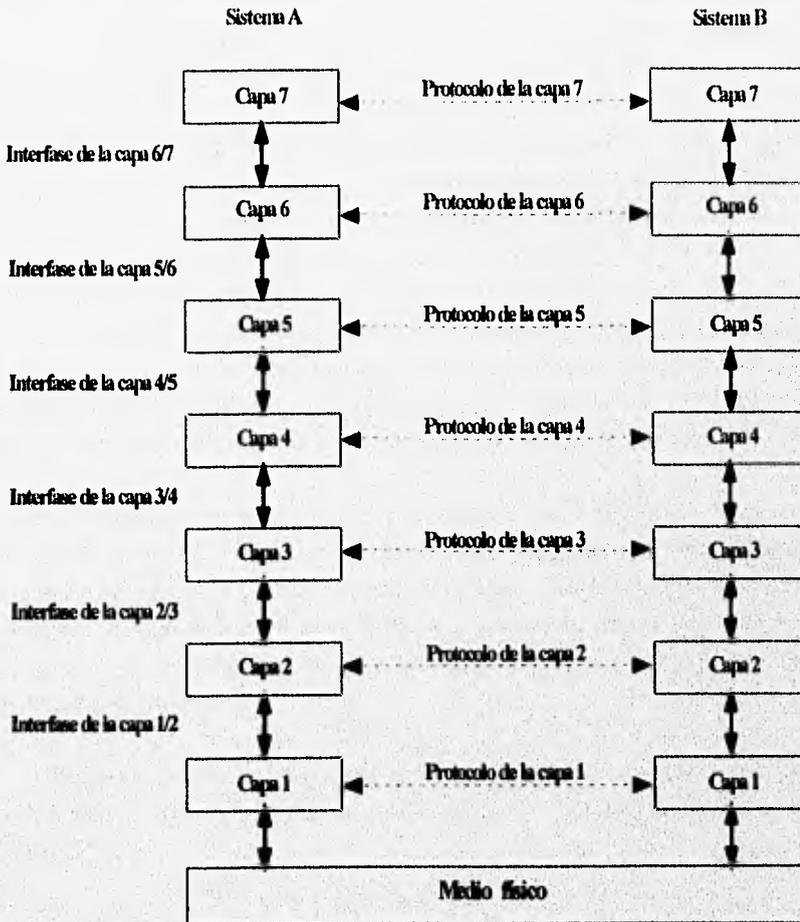


Figura 2.17 Proceso de comunicación entre dos sistemas empleando la arquitectura en capas.

Como podrá apreciarse, la capa n del sistema A se comunica con la capa n del sistema B mediante un protocolo, el cual es diferente para cada capa. La jerarquía del protocolo que esté empleando es la que determinará el lugar que ocupará cada una de ellas. Éstas se construyen una sobre otra y tienen por objeto proveer de ciertos servicios a las capas superiores, de tal manera que la capa siguiente se encuentre provista del conjunto de elementos necesarios para manejar la comunicación.

Estrictamente no existe una comunicación física entre las capas de un sistema y otro, sino que cada capa pasa la información a la capa inmediata inferior sucesivamente hasta llegar a la capa más baja de la estructura. Precisamente debajo de ésta es donde se encuentra el medio físico por el cual se realiza la comunicación real.

Rigurosamente no existe una restricción en el número de capas que puedan ser empleadas, es decir, que en un diseño puede haber un número n de éstas, lo cual puede propiciar la incompatibilidad de arquitecturas de redes, dificultando o impidiendo la conexión entre éstas y, por consiguiente, el intercambio de información.

Debido a estas circunstancias y con el propósito de facilitar este proceso de comunicación, en 1978, la Organización Internacional de Normas ISO (*International Standards Organization*) comenzó a trabajar en un modelo que sirviera como referencia para lograr la interconexión de sistemas abiertos mediante la estandarización de los protocolos y las funciones de las capas, lo cual permitiría conectar "sistemas de arquitecturas no compatibles".

Finalmente, en 1983, la ISO propuso el modelo *OSI Open Systems Interconnection* (Interconexión de Sistemas Abiertos) constituido por siete capas, como se muestra en la figura 2.18.

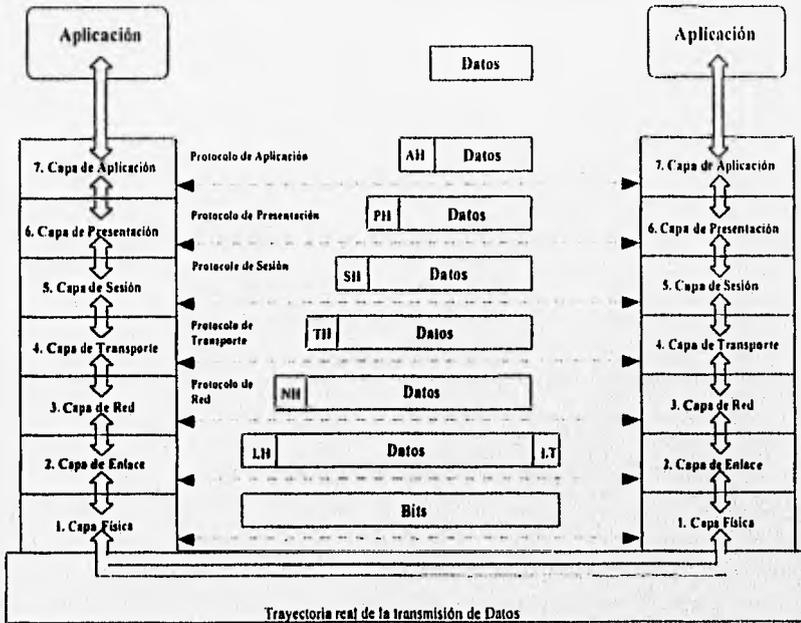


Figura 2.18 Modelo OSI de comunicaciones.

El modelo de referencia OSI busca cumplir los siguientes objetivos :

- Proporcionar un punto de partida objetivo en el diseño de las redes de telecomunicaciones, es decir, adaptando las características de éstas a un modelo compatible con cualquier otro sistema.
- Facilitar un conjunto de normas y recomendaciones para la intercomunicación de sistemas, eliminando los impedimentos técnicos que puedan existir para lograrla.
- Definir los puntos de interconexión para el intercambio de información entre los sistemas y limitar el número de opciones de interconexión para que puedan incrementarse las posibilidades de comunicación, sin necesidad de conversiones o traducciones entre diferentes productos o equipos.

Para ilustrar el proceso de comunicación mediante el uso del modelo OSI, podemos considerar nuevamente a los sistemas A y B que aparecen en la figura 2.17. Cuando el sistema A desea transmitir información al sistema B, entrega ésta a la capa de aplicación, la cual se encarga de añadir un conjunto de elementos de control de aplicación a los datos, el cual se denomina como *Application Header AH* (Encabezado de Aplicación). El resultado de este proceso es entregado a la capa de presentación que no distingue entre el *AH* y los datos, sino que los recibe como un solo elemento, al cual agrega su propia sección de control conocida como *Presentation Header PH* (Encabezado de Presentación). Este proceso se realiza de manera sucesiva entre cada una de las capas hasta llegar a la capa física o inferior, que es el lugar donde se lleva a cabo la transmisión de datos.

Para que el sistema B pueda recibir la información se realiza el proceso inverso, es decir, la información llega a la capa física y ésta se encarga de pasarla a la capa siguiente después de haber retirado los elementos de control que solo a ella le conciernen; cada capa realiza la misma función hasta que la información llega a la séptima capa del sistema B.

Gracias a la manera en que se realiza este proceso, es posible ver la transmisión como un procedimiento horizontal aunque la transmisión efectiva sea vertical, lo cual lo convierte en un proceso ideal, pues existen arquitecturas que conjuntan varias capas del modelo OSI en una sola.

A continuación se presenta una breve descripción de las funciones que realiza cada una de las capas del modelo OSI y sus protocolos.

- **Capa Física (No. 1)**

Esta capa proporciona la conexión física entre los usuarios terminales que desean establecer comunicación entre sí, además de ser la interfaz tradicional entre un DTE y un DCE.

La capa física abarca cuatro aspectos importantes:

1. Mecánico.
2. Eléctrico.
3. Funcional.
4. De procedimientos.

En el aspecto mecánico se encuentra contemplado el medio físico de interconexión entre los equipos (conectores y cableado). Los voltajes empleados para la representación de un bit 1 ó 0, así como las impedancias y demás parámetros eléctricos que serán empleados, se encuentran contenidos en el aspecto eléctrico. Las características funcionales se refieren al significado preciso y la interpretación de las diversas señales de interfaz y del conjunto de datos de control. Los procedimientos abarcan la secuencia de reglas que gobiernan el control de las funciones necesarias para proveer de servicios a la capa superior, tales como el establecimiento de la conectividad a través de un *switch* de red.

Algunos de los estándares aplicables a la capa física son:

- EIA RS-232D, RS-449, RS-422 y RS-423. (Definida por la *Electronic Industries Association*).
- Recomendaciones CCITT V.10, V.11, V.24, V.28, X.20 y X.21.
- ISO 2110, 2593, 4902 y 4903.
- US MIL-STD-188-114B.

Los servicios que proporciona esta capa a la capa de enlace son aquéllos requeridos para conectar, mantener y desconectar los circuitos físicos mediante los cuales se realiza la conexión física.

- **Capa de Enlace (No. 2)**

La capa de enlace se encarga de proveer los servicios necesarios para una transmisión confiable de datos a través del enlace físico establecido por la capa No. 1. Sus protocolos controlan el flujo de los datos, el mantenimiento y la liberación del enlace. Otra de las

funciones más importantes de esta capa consiste en resolver los problemas causados por pérdida, daño o duplicidad de tramas.

Entre los protocolos más usados para la capa de enlace se encuentran los siguientes:

- ISO *HDLC High Data Link Control*, ISO 3309 y 4375.
- CCITT *LAP-B* y *LAP-D (Link Access Procedure)*.
- IBM *BSC Binary Synchronous Control*, *SDLC Synchronous Data Link Control*.
- ANSI *ADCCP*.
- DEC *DDCMP*.

• Capa de Red (No. 3)

En el caso de redes *LAN*, esta capa se conoce como *Logical Link Control LLC*. Esta capa se encarga del movimiento de los datos a través de la red, es decir, es ella la que define la ruta que éstos deben seguir a lo largo de la red para llegar a su destino. Agrega además, las características necesarias para obtener independencia de la tecnología de transmisión y conmutación empleadas para conectar redes, liberando al mismo tiempo a las capas superiores, del conocimiento de las peculiaridades de estas tecnologías.

Como puede observarse, esta capa está dedicada a realizar funciones de conmutación y enrutamiento de datos en la red, y es precisamente el protocolo de conmutación de paquetes *X.25*, el más usado para realizar estas funciones en la capa de red.

• Capa de Transporte (No. 4)

Puede decirse que la capa de transporte es la encargada de proporcionar los últimos elementos para una entrega confiable de datos entre dos puntos de la red. Los servicios que esta capa proporciona son: la administración y el control de la conexión, los cuales incluyen el establecimiento y liberación de las conexiones entre usuarios; la transferencia de datos, los cuales son entregados sin duplicaciones ni partes omitidas; y por último, el control de flujo, que es una de las funciones más importantes, pues puede crear múltiples conexiones

de red y, dividir los datos entre éstas cuando existe un gran flujo de información. Si no se tuviera la posibilidad de contar con múltiples conexiones de red, ya que podría resultar muy costoso, la capa de transporte se encargaría de multiplexar una sola conexión para solucionar el problema. De cualquier manera, los procesos anteriores deben resultar transparentes para la capa de sesión.

- **Capa de Sesión (No. 5)**

El propósito de esta capa es suministrar los medios necesarios para organizar y sincronizar los diálogos entre las máquinas de los diferentes usuarios, además de administrar el intercambio de datos y la transferencia de archivos.

Los protocolos de sesión implantan los servicios que son requeridos por los usuarios de esta capa para tener, por ejemplo, una sesión de consulta en un sistema de tiempo compartido a distancia. Algunos de los servicios son los siguientes:

- Establecen la conexión para una sesión con la posibilidad de negociar el uso de la conexión entre los usuarios.
- Crean una manera o medio para definir las actividades entre usuarios de modo que este proceso resulte transparente al usuario.

Los estándares de referencia para la capa de sesión son: ISO 8327 (Session Protocol Definition (recomendación CCITT X.225)) e ISO 8326 (Session Services Definition (recomendación CCITT X.215)).

- **Capa de Presentación (No. 6)**

Los servicios que proporciona la capa de presentación abarcan la transformación, el formato y la sintaxis de los datos. Estas funciones son requeridas para adaptar las características de manipulación de un proceso de aplicación a otro, es decir, la capa de presentación es la responsable de traducir la representación de la información de una aplicación a otra.

Los siguientes estándares son los que generalmente son aplicados a la capa de presentación.

- ISO 8822 *Connection-Oriented Presentation Service Definition.*
 - ISO 8823 *Connection-Oriented Presentation Service Specification.*
 - ISO 8824 *Specification of Abstract Syntax Notation One.*
 - ISO 8824 *Specification of Basic Encoding Rules for Abstract Syntax Notation One.*
 - Recomendación CCITT X.409 *Message Handling Systems: Presentation Transfer Syntax and Notation.*
-
- **Capa de Aplicación (No. 7)**

Esta capa se encarga de proporcionar los servicios necesarios a los procesos de aplicación, aunque es importante hacer notar que no es en ésta donde se encuentra la aplicación real, es decir, esta capa funciona como una ventana a través de la cual, la aplicación tiene acceso a los servicios de comunicación suministrados por el modelo. La capa de aplicación únicamente proporciona el formato que facilita la interfaz con el usuario de la aplicación, además de establecer los requerimientos para la sintaxis de los datos y, es responsable de la administración de la transacción.

Los estándares aplicables a la capa de aplicación son: ISO 8449/3 *Definition of Common Application Service Elements* e ISO 8650 *Specification of Protocols for Common Application Service Elements.*

2.5 RDI-64 de Telmex

La Red Digital Integrada (RDI) suministra un medio de transporte de señales digitales conmutadas y de punto a punto, con todas las modalidades de transmisión de información como voz, datos e imágenes en un solo sistema, para construir redes corporativas e institucionales a niveles local y de larga distancia nacional e internacional de la más alta calidad.

Como complemento, está en operación la Red Satelital Multiuso que ofrece conducción de señales de voz, datos e imágenes en cualquier localidad del país, así como una red para transmisión de datos en paquetes para bajos volúmenes de información en tiempos cortos. Además, la RDI permite proporcionar servicios como la videoconferencia y los correos de voz y fax, así como servicios de marcación directa a extensiones de conmutadores.

La Red Digital Integrada permite, facilita y optimiza aplicaciones y funciones que son fundamentales en la operación diaria de las empresas e instituciones que dependen en gran medida de la calidad y eficiencia de sus comunicaciones. Da flexibilidad para configurar sus comunicaciones de acuerdo con el desarrollo de su organización; es la opción más eficaz y confiable de envío y recepción de datos; el acceso del usuario es a través de sistemas de fibras ópticas y microondas digitales; cuenta con centros de conmutación y transmisión con sobrada capacidad de manejo de líneas digitales de alta velocidad y de acceso múltiple; ofrece el acceso directo a conmutadores digitales y analógicos y utiliza canales digitales de larga distancia para enlazar las ciudades consideradas en esta red.

También facilita y optimiza a la vez su mantenimiento y continuidad, al incorporar sistemas de administración de red computarizados, localizados en centros de control, para un diagnóstico y monitoreo sistemáticos del servicio y su calidad, y un reenrutamiento inmediato a medios de transmisión de respaldo en caso de ser necesario, asegurando tiempos mínimos de respuesta al usuario.

Como usuarios de la RDI, las empresas e instituciones tienen todos los elementos para hacer más eficaces sus comunicaciones al contar con facturación diferenciada y reportes de tráfico y consumo al nivel y con el desglose que el cliente requiera para análisis, dimensionamiento y asignación de recursos.

En México más de 500 empresas cuentan con redes corporativas de telecomunicaciones y la interconexión en forma universal de todas estas redes entre sí es factible por medio de la RDI, la cual fue impulsada y puesta en operación por Telmex a partir de 1991.

Por el desarrollo económico que están demostrando todas las entidades del país, la Red Digital Integrada se ha ampliado para dar servicio en las 30 principales ciudades y está interconectada con las redes de los operadores de servicios de larga distancia más destacados de Estados Unidos.

A la fecha se tienen conformadas varias redes privadas corporativas que representan una piedra angular en la economía mexicana, tales como la Red Interbursátil (que conecta a las casas de bolsa y que interactúa con la red SATO, que enlaza al piso de reinates de la Bolsa Mexicana de Valores); y la Red Interbancaria (que conecta a los bancos a través de SECOBAN). Existen otras grandes redes privadas basadas en la Red Digital Integrada que amplían la capacidad de comunicación a Centros de autorización de Tarjetas de Crédito y *Telemarketing*, y que operan a la altura de cualquier otro centro de calidad internacional.

Los principales servicios de la Red Digital Integrada son los siguientes:

Acceso Digital a un Conmutador Electrónico o Digital

Mediante este servicio, los conmutadores del usuario pueden ser conectados a la RDI a través de troncales de 64 kb/s y enlaces de 2.048 Mb/s, incorporando así a sus comunicaciones todo el potencial y calidad que la tecnología digital ofrece en la actualidad, en la transmisión de información tanto de voz como de datos.

Marcación Directa Entrante

Este servicio permite que las extensiones del conmutador del usuario conectado a la RDI puedan ser accedidas desde el exterior como un número directo sin necesidad de la intervención de la operadora.

Centrex Avanzado

Completando la versión básica de este servicio, se integran facilidades más avanzadas de la tecnología digital, dotando al usuario desde el inicio de la posibilidad de manejar en

su empresa voz, datos y video, en las mismas condiciones financieras, económicas y operativas del caso básico.

Videoconferencia

Es la capacidad de transmitir señales de video, interactivo y en diversas localidades a través de enlaces de la RDI, estableciendo una comunicación efectiva y dinámica que permite optimizar tiempo y costos de las empresas con aplicaciones como reuniones y juntas de trabajo, cursos de capacitación, comunicados al personal, distribución de información y su discusión inmediata, todo esto sin necesidad de traslados innecesarios, incrementando la productividad de la institución.

Enlace Digital de Alta Velocidad

Es el establecimiento de un canal de 2.048 Mb/s punto a punto para la transmisión de señales de información como voz, datos e imágenes. El Enlace Digital de Alta Velocidad permite la optimización y racionalización de las comunicaciones al facilitar la administración de su capacidad ya que puede modularse de acuerdo a las necesidades de cada usuario.

Red Privada Metropolitana

Es la capacidad de interconectar a través de la RDI todas las ubicaciones de un cliente en una misma ciudad con las facilidades y servicios de una red privada, con enlaces de muy alta calidad y velocidad que permiten la administración adecuada de los recursos de la empresa y con la tecnología digital, la utilización de diversas modalidades de transmisión como voz, datos e imagen como si fuera un solo edificio, optimizando la operación diaria.

Cruce Fronterizo

Es la capacidad de interconectar a las empresas e instituciones de las ciudades fronterizas, principalmente la industria maquiladora con las ciudades o poblaciones

equivalentes en E.U.A. a través de enlaces de la RDI de hasta 2.048 Mb/s, para la transmisión de todo tipo de señales, optimizando las comunicaciones y operaciones de estos clientes.

Red Global

Permite la formación de redes de alta capacidad de tecnología digital con funciones y facilidades asociadas a una red privada y con alcances internacionales, enlazando localidades de diversos países para el establecimiento de comunicaciones efectivas y competitivas.

Telefonía de Alta Calidad

Permite suministrar los servicios de RDI en los polos de desarrollo turístico e industrial donde no se cuenta aún con infraestructura digital y se requiere proporcionar en corto plazo.

Red Privada de Voz y Datos

Permite integrar las funciones que una empresa lleva a cabo en diferentes localidades mediante los servicios de la RDI, los cuales ofrecen una conectividad total para domicilios y ciudades.

Red de Paquetes de Datos

La RDI permite la transferencia electrónica de datos, el acceso a bases de datos (videotexto) y el uso del correo electrónico entre empresas e instituciones haciendo más eficiente su operación.

Red Satelital

Suministra servicios digitales RDI a aquellas empresas que se encuentran localizadas en ciudades donde no se cuenta con infraestructura terrestre digital.

Enlaces Virtuales

Permite ofrecer a los usuarios de la RDI enlaces semipermanentes conmutados de 64 kbps punto a punto bajo demanda previa y por tiempo determinado, mediante simples comandos en el centro de control de la red.

Los servicios de Circuitos Privados de la Red Digital Integrada permiten construir una red privada de telecomunicaciones para conducción de señales a nivel local, nacional e internacional.

Las ventajas que ofrece el servicio son las siguientes:

- Medios de transmisión totalmente digitales punto a punto.
- Alta calidad en la transmisión de señales con un mínimo promedio de errores.
- Garantía absoluta de confidencialidad de la información transmitida.
- Disponibilidad inmediata para contratación con tiempos mínimos de respuesta en el servicio.
- Servicios de alta velocidad para transmisión de datos en volumen.
- Flexibilidad en su configuración con rutas de respaldo.

Este servicio se basa principalmente en la infraestructura de radios digitales y de fibras ópticas de la RDI, que al formar una maña en los puntos terminales, equipados con la más alta tecnología de enrutamiento dinámico para conexión de enlaces (*DACC's Digital Access Cross Connect*) permiten establecer en segundos una ruta dedicada a nivel local, nacional e internacional.

Este servicio se ofrece en capacidades de 64 kb/s (E0) y 2.048 Mb/s (E1), donde los E1 son 32 canales de 64 kb/s (de éstos, dos son usados para control); dadas las facilidades para la administración de su capacidad, se puede modular de acuerdo a las necesidades de cada usuario, pudiendo manejar para un canal E1 desde 30 comunicaciones de 64 kb/s hasta 240 con voz comprimida o 180 canales de datos de 9.6 kb/s, o las combinaciones de ambas modalidades.

Dada nuestra cercanía con los Estados Unidos es necesario manejar también las capacidades DS0 (64 kbps) y DS1 (1.544 Mbps) o T1 como también se le conoce. T1 lo conforman 24 canales de 64 kbps y un canal de 8 kbps para control.

En la figura 2.19 se muestra un esquema de una Red Digital Integrada y algunos de los servicios que ofrece, los cuales han sido mencionados con anterioridad.



Fig. 2.19 Red Digital Integrada.

2.6 Fibra Óptica como Medio de Transmisión

La fibra óptica está revolucionando al mundo de las telecomunicaciones de una forma que nadie se lo hubiera imaginado hace poco más de diez años. Las fibras ópticas son filamentos de vidrio de alta pureza, fabricadas a determinadas temperaturas a base de silicio.

Originalmente la fibra óptica fue propuesta como medio de transmisión debido al enorme ancho de banda que puede manejarse y a un gran número de ventajas que ofrece, razón por la cual ha sido propuesta un rango de aplicaciones muy amplio como telecomunicaciones civiles, militares, campo industrial, aviación, etc.

Las diversas ventajas ofrecidas por la transmisión sobre fibra óptica son las siguientes:

- Gran ancho de banda.
- Baja pérdida.
- Son ligeras, pequeñas y flexibles.
- El material con el cual son elaboradas es de bajo costo.
- Aislamiento eléctrico
- Inmunidad a las interferencias electromagnéticas y de radiofrecuencia.
- Ausencia de radiación.
- Alta seguridad.

Un sistema de transmisión por fibra óptica convierte la señal eléctrica de entrada en una señal óptica, la cual es transmitida sobre una línea óptica a un receptor. En el receptor la señal óptica se convierte en una señal eléctrica semejante a la señal original.

Los sistemas de transmisión por fibra óptica pueden ser configurados para captar señales eléctricas digitales o analógicas. El transmisor convierte la señal eléctrica de su entrada, en una señal óptica modulando la salida de la fuente de luz usualmente variando su fuente de corriente. En el receptor, el cambio de señal óptica a una eléctrica está hecho por medio de un detector óptico, y restaurada a su forma original por un circuito electrónico. Repetidores, consistiendo de transmisores / receptores espalda a espalda, se utilizan en rutas largas para amplificar y regenerar las señales.

Como se puede ver en la figura 2.20 un sistema consiste de un transmisor y su fuente de luz, cables y fibra óptica, conectores y empalmes, detector y amplificadores.

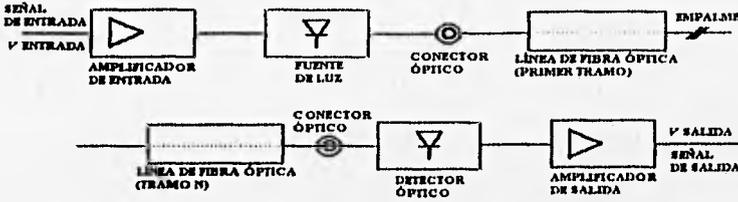


Fig. 2.20 Sistema básico de transmisión por fibra óptica.

Fuentes de Luz y Transmisores

Los diodos emisores de luz (*LED*) y diodos lasers son fuentes adecuadas para la transmisión sobre fibra óptica, debido a que su salida se puede controlar rápidamente por medio de una corriente de polarización. Además, su pequeño tamaño, su luminosidad, longitud de onda y el bajo voltaje necesario para manejarlos, son características atractivas.

LEDs y lasers para uso en la transmisión tienen una emisión pico a la longitud de onda de 840 nanómetros y las fibras ópticas también exhiben baja atenuación a estas frecuencias; sin embargo, las investigaciones hoy en día están dirigidas a fuentes de luz con una longitud de onda en la región de 1.3 a 1.55 micrómetros donde la atenuación del cable es menor.

Los lasers producen 10 dB o más de potencia óptica que los diodos emisores de luz. Debido a su mayor potencia y ángulo de emisión más estrecho, los lasers pueden acoplarse mucho más eficientemente con un cable de fibra óptica que un *LED*, o sea las pérdidas de acoplamiento son menores.

Mientras que el láser tiene las ventajas ya mencionadas, es necesario operarlo en un rango de corriente restringida que está situado un poco arriba de su umbral. Este umbral puede cambiar con tiempo y temperatura, por lo tanto es necesario incorporar circuitos de compensación. Cuando su ancho de banda y potencia son adecuados, los LEDs son atractivos en lugar de lasers debido a su menor costo, su mayor rango de temperatura, vida más larga y mayor estabilidad en el tiempo.

Fibras y Cables

Como en una línea convencional, cuando se transmite una señal por una fibra óptica, su amplitud y ancho de banda se reducen, aunque en menor escala que en las primeras. La atenuación se expresa en db/km y el ancho de banda en MHz/km. Cuando la señal transmitida es digital, la reducción en ancho de banda se llama dispersión y su efecto es ampliar el ancho de los pulsos. Esta dispersión se expresa en ns/km.

Conectores y Empalmes

Los conectores y empalmes son necesarios para unir las fibras. Los conectores son definidos como conexiones desmontables y los empalmes como conexiones fijas. Los dos tipos de conexiones tienen pérdidas debido a la discontinuidad producida en el punto de conexión y dependen mucho de la alineación de las fibras y sus características ópticas. Los empalmes normalmente tienen menos pérdidas que los conectores, debido a que las herramientas utilizadas para tal efecto son de precisión y el método para unir las dos fibras sea por voltaje o material químico adhesivo, reduce el reflejo de discontinuidad.

Detectores y amplificadores

El diseño del detector y amplificador tiene mucha influencia sobre el nivel de ruido de entrada y por lo tanto, en la sensibilidad del receptor.

Los dos detectores de estado sólido más aptos para aplicaciones en sistemas de fibra óptica de mediano y gran ancho de banda son el diodo PIN (Positivo-Intrinseco-Negativo) y

el fotodiodo de avalancha *APD*. Los dos tienen alta eficiencia y velocidad, pero el *APD* es más costoso y requiere una fuente de alto voltaje auxiliar; sin embargo, tiene mejor sensibilidad debido a su "ganancia avalancha".

El amplificador usado con el detector debe tener bajo ruido sobre el ancho de banda de la señal. Normalmente se prevé una igualación para compensar la señal sobre el ancho de banda. También es importante tomar en cuenta las características de capacitancia y corriente de los detectores de efecto de campo (*FET*) que son más sensibles abajo de 10 MHz y los tipos bipolar que son adecuados arriba de esta frecuencia. Otros puntos que se deben tomar en consideración son rango dinámico, estabilidad con temperatura y aislamiento de fuente de ruido ajeno.

2.7 Conmutación Digital

Supongamos ahora que dos usuarios de una red desean comunicarse. La red deberá encargarse de establecer la comunicación entre los usuarios y de transportar las informaciones intercambiadas entre los mismos. Este proceso realizado por la red se denomina conmutación.

La principal función de la conmutación en una red de comunicaciones es administrar los recursos de la red para transferir información particular en un tiempo dado. Hay tres razones fundamentales por las cuales es importante usar la conmutación en una red:

1. La conmutación reduce el número de conexiones necesarias para enlazar a todos los usuarios de la red.
2. Permite variar combinaciones de usuarios para la comunicación en diferentes tiempos.
3. Usa un procesamiento de datos que permite compartir eficientemente los recursos totales de la red, particularmente la capacidad de transmisión.

Reducción en el número de conexiones

Supongamos que dos usuarios quieren comunicarse, únicamente una conexión entre ellos es necesaria. Si hay tres usuarios tres conexiones serán necesarias, únicamente una conexión es usada en un tiempo.

En la figura 2.21 se muestra, que para un número arbitrario de usuarios necesitaremos un número muy grande de conexiones dado por $C=N(N-1)/2$. Esto es porque para cada uno de los N usuarios habrá $N-1$ conexiones hacia cada uno de éstos.

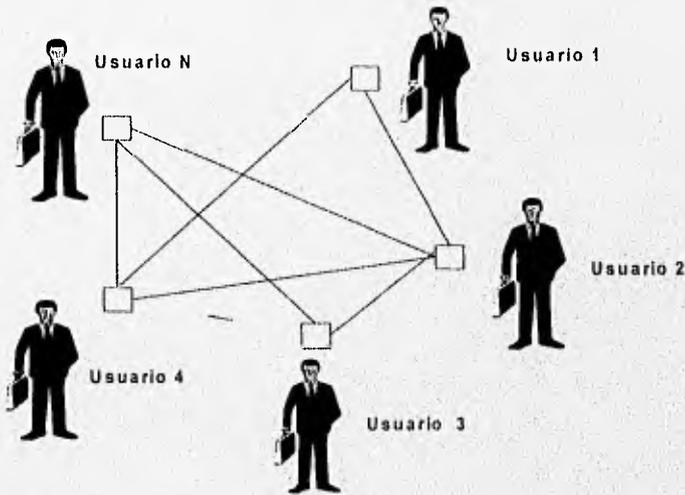


Fig 2.21 Número de líneas utilizadas para un número arbitrario de usuarios.

Sin embargo, si colocamos un conmutador, como muestra la figura 2.22, y conectamos a cada usuario al conmutador, los N usuarios podrán comunicarse a través de N líneas. La adición de un conmutador resuelve el ahorro de las líneas de conexiones.

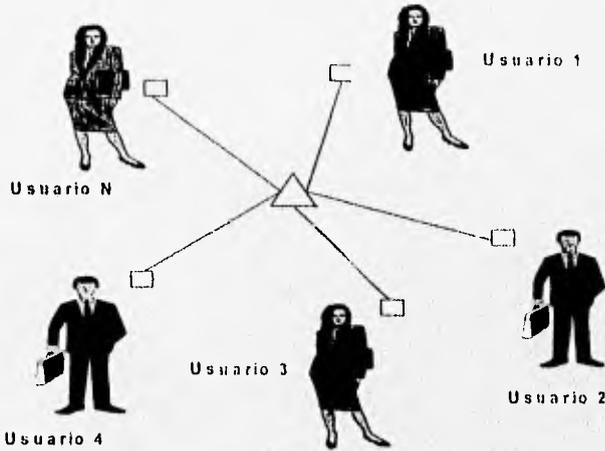


Fig 2.22 Número de líneas utilizadas: un conmutador central.

Ahorro de Recursos

El costo de una red de comunicaciones no sólo depende del número de conexiones en la red, sino también del largo de esas líneas, por ejemplo, un cálculo rápido revela que cerca de 16,000 millas de canales de conectividad son requeridas para satisfacer las necesidades de comunicación de los usuarios en el patrón de conectividad mostrado en la figura 2.23.

En la figura 2.24 al patrón de conectividad se adicionan tres triángulos, representando conmutadores centrales, otros dos tipos de conexiones remplazan la conexión entre los usuarios. Existen conexiones entre los usuarios y los conmutadores, llamadas líneas de acceso y entre los conmutadores llamadas troncales (*trunks*).



Fig 2.23 Requerimientos de conectividad para la red de usuarios.

Usando la misma escala que en la figura anterior, encontramos 7800 millas de líneas de acceso y cerca de 4500 millas de troncales, un total de 12,300 millas de canales de conectividad.

Asumiendo por el momento que las conexiones usadas para troncales son técnicamente similares a las usadas para líneas de acceso, esto representa un ahorro de un cuarto de requerimientos de conectividad sobre la red sin conmutadores.



Fig 2.24 Conexión de la red utilizando tres conmutadores.

Existen diversos procesos para llevar a cabo la comunicación entre usuarios, así como el transporte de la información; a continuación mencionaremos los más usuales.

2.7.1 Conmutación por Circuitos

Este tipo de conmutación es utilizado por la red telefónica. En ella, a través de un conmutador central, se asigna un canal o trayectoria física a una comunicación entre dos terminales de datos; esta asignación permanece durante todo el tiempo que dure la comunicación, independientemente de que se envíen datos o haya silencio (ausencia de ellos). El circuito físico se libera cuando una de las dos terminales así lo desean.

La conmutación por circuitos posee tres fases claramente definidas:

1. Establecimiento de la llamada
2. Transferencia de información
3. Desconexión o liberación de circuito

La figura 2.25 muestra un diagrama donde se detallan las tres fases enumeradas y sus posiciones en el tiempo.

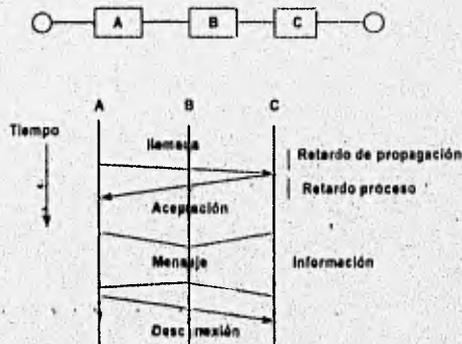


Fig 2.25 Transferencia de información según la técnica de conmutación de circuitos.

En resumen, las principales características de la conmutación por circuitos son:

- Ancho de banda fijo.
- Tiempo de establecimiento de la comunicación despreciable con respecto a la duración de la transferencia de datos.
- Bloqueo o rechazo del intento de llamada, que no puede completarse inmediatamente.
- La información transferida después del establecimiento de la llamada no es visible (afectada) por la red.
- Establecimiento de una trayectoria física dedicada; ninguna otra comunicación podrá ocupar estos recursos.
- El retardo que sufre la información para llegar al otro extremo es despreciable con respecto a la duración de la transferencia de datos.

Este tipo de conmutación es adecuado cuando la comunicación se hace entre equipos de naturaleza muy similar, sin realizar ninguna conversión de códigos o velocidades y cuando el flujo de la información obedece a una tasa más o menos constante.

2.7.2 Conmutación por Mensajes

En este caso el intercambio de mensajes (bloques de datos de cierta longitud) entre extremos, se lleva a cabo sin la fase del establecimiento del circuito como tal. En cambio, se añade al mensaje un encabezado que proporciona la dirección del destino; en cada nodo el mensaje es almacenado y la cabecera es analizada para determinar el siguiente nodo al cual transferir el mensaje, de forma reiterada hasta llegar al destino, tal como se muestra en la figura 2.26.

En resumen, las características principales de este modo de conmutación son:

- No requiere establecimiento de llamada.
- El mensaje pasa por los procesos de almacenamiento y envío durante su transporte por la red.

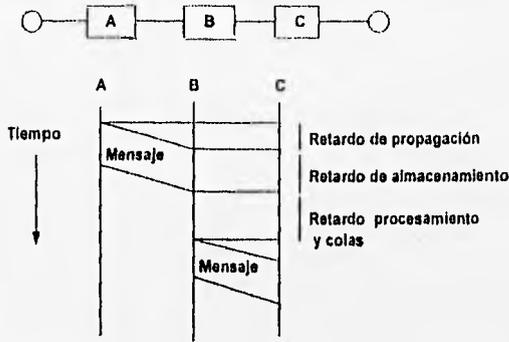


Fig 2.26 Transferencia de información según la técnica de conmutación por mensajes.

- La información del encabezado de cada mensaje es visible por la red.
- Debido al proceso de almacenamiento que sufren los mensajes en cada nodo existe un retardo global considerable, y variable en función del número de nodos en la red.
- No requiere que los extremos terminales estén en línea simultáneamente.
- Se forman colas de espera en los nodos para que los mensajes sean tomados y enviados.
- No es necesaria la asignación dedicada de un circuito físico a la comunicación.
- El alto tráfico puede afectar en forma considerable el retardo en la entrega de los mensajes.
- Uso eficiente de los recursos de transmisión.

2.7.3 Conmutación por Paquetes

Funciona de forma similar al de la conmutación por mensajes, pero con la diferencia, como se aprecia en la figura 2.27, de que el mensaje se ha dividido en pequeños paquetes de datos de longitud fija (aproximadamente de 1000 bits) a los que se añade una cabecera. Estos paquetes son enviados a la red para ser transferidos de nodo en nodo, ya sea por rutas diferentes o por la misma, hasta el destino, donde antes de entregarse se debe armar nuevamente para formar el mensaje original.

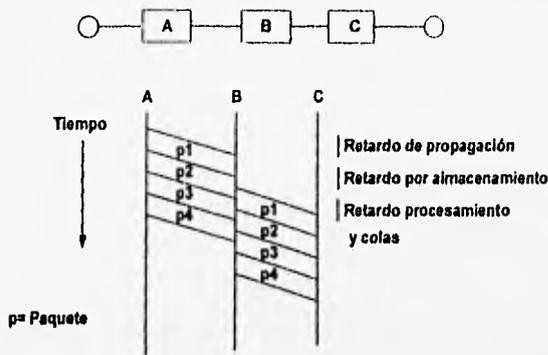


Fig 2.27 Transferencia de datos según la técnica de conmutación por paquetes.

Sus principales características son:

- Retardos de propagación pequeños.
- Posibles caminos diferentes para cada paquete.
- Partición de los mensajes en paquetes.
- Alta eficiencia en el aprovechamiento de los recursos de transmisión.
- Nodos o equipos de conmutación más complejos.
- Paquetes no transparentes a la red.
- Un alto tráfico incrementa el retardo en la entrega de los paquetes.
- Asignación dinámica del ancho de banda, sólo se utiliza el circuito cuando hay paquetes por mandar.
- El retardo en la transmisión de los paquetes depende de su tamaño, complejidad del encabezado y tráfico en la red.

El enrutamiento puede llevarse a cabo por dos tipos diferentes de conexión:

1. Circuito Virtual.
2. Datagrama.

En el modo de circuito virtual, antes del envío de los paquetes de datos, se establece un enlace lógico (un espacio de tiempo en los recursos de transmisión) por medio de una solicitud de establecimiento de llamada que viaja desde el nodo origen al destino, estableciendo la ruta por la que viajarán todos los paquetes del mensaje.

Los paquetes son enviados conteniendo , cada uno, el encabezado con el identificador del circuito virtual.

Los nodos en la trayectoria no realizan ningún enrutamiento; sólo dirigen cada paquete por la ruta preestablecida. Al concluir la transferencia de datos, se envía un paquete de solicitud de desconexión.

El circuito virtual no representa un circuito físico dedicado, como en la conmutación por circuitos, sino que varios circuitos lógicos virtuales de diversas comunicaciones pueden compartir un mismo enlace físico.

En el caso del modo en Datagrama, no existe el establecimiento previo del circuito lógico. Cada paquete es enrutado por caminos diferentes, experimentando diferentes retardos cada uno, por lo que existe una alta posibilidad de que lleguen en desorden al destino. Cada nodo efectúa funciones de análisis del encabezado y del estado del tráfico en la red para transferir cada paquete al siguiente nodo.

2.7.4 Enrutamiento

Cada nodo de conmutación es responsable del enrutamiento de los paquetes en tránsito por el mismo. Uno de los aspectos más importantes en el diseño de una red es la manera cómo se genera y actualiza la información utilizada para el enrutamiento.

El algoritmo de enrutamiento es responsable de mantener cada nodo informado de la topología de la red, además de permitir que, utilizando las mediciones de atraso y avance de cada línea que sale del nodo, éste optimice al carga del tráfico que sale del mismo.

Los algoritmos de enrutamiento pueden clasificarse en dos categorías: adaptivos y no- adaptivos.

Un algoritmo no-adaptivo no toma conocimiento de las variaciones de la red y, por lo tanto, los nodos no intercambian mensajes de información sobre caminos ni hacen mediciones de la carga de tráfico en sus líneas.

De acuerdo con el control de adaptación, los algoritmos de enrutamiento adaptivos se dividen en tres subcategorías: centralizados, aislados y distribuidos.

Los de control centralizado utilizan un punto hacia el cual son enviadas las informaciones relacionadas a los nodos en funcionamiento, tráfico en las líneas, etc. A partir de ahí, el nodo central calcula los caminos óptimos entre los pares de nodos y envía esta información a todos los nodos. En posesión de esta información, cada nodo se comporta básicamente de la misma forma que en el enrutamiento centralizado.

En los algoritmos de control adaptivo aislado, cada nodo toma la decisión del enrutamiento, basándose en informaciones locales. En otras palabras, los nodos no intercambian informaciones entre sí.

La tercera categoría, que utiliza control distribuido, ofrece mayor flexibilidad, pero es también la más compleja. Los algoritmos de esta categoría requieren el intercambio de informaciones de enrutamiento ente nodos vecinos.

La red, como un todo, posee una capacidad limitada de almacenamiento y proceso. Esta capacidad puede ser excedida en ciertas situaciones, en el caso de que la red no controle la tasa con las que los conmutadores centrales incorporan paquetes a la red.

Cuando la capacidad de la red es excedida, se produce un congestionamiento y el cometido de la red cae drásticamente. El congestionamiento tiende a auto-alimentarse, pues un nodo cuya capacidad de almacenamiento esté agotada, se verá obligado a rechazar

nuevos paquetes, forzando al transmisor de estos paquetes a guardarlos; brevemente se agotará también la capacidad de almacenamiento de los transmisores y así sucesivamente.

Lo primero es evitar el congestionamiento en la preasignación de recursos. Por ejemplo, al establecerse un circuito virtual, se le asigna de forma permanente cierta cantidad de "buffers" en cada nodo del camino, durante la existencia del mismo. Si, por casualidad, uno de los nodos no posee el espacio disponible suficiente, el circuito no se establece.

Lo segundo es permitir que el nodo descarte un paquete si no tiene capacidad para almacenarlo; eventualmente, este paquete será retransmitido.

Una tercera forma de evitar el congestionamiento es controlar la cantidad de paquetes que entran globalmente a la red. Para hacerlo, es necesario mantener una cantidad de permisos para la transmisión en cada nodo. Cada vez que un nuevo paquete es aceptado en la red, el nodo debe conseguir un permiso y luego destruirlo.

Cuando un paquete deja la red, el nodo destino crea un nuevo permiso. Así, la cantidad máxima de paquetes en la red nunca excederá la cantidad original de permisos presentes en la red en el momento de la iniciación.

Los métodos examinados hasta ahora controlan el congestionamiento, limitando de alguna manera el tráfico entre los nodos, aunque la red no esté todavía congestionada.

2.7.5 Control de Flujo

Una red de conmutadores conecta, generalmente, máquinas de características diferentes, en particular de capacidades de proceso distintas. Como consecuencia, puede ocurrir que el destinatario comience a recibir datos más rápidamente de lo que puede consumir. Para paliar este problema existen mecanismos de control de flujo.

La forma más natural del control de flujo es ignorar los paquetes que llegan cuando un nodo no tiene capacidad de recibirlos. Este método, evidentemente, causa un mal aprovechamiento de las líneas de comunicación.

Se puede introducir un mayor control, dándole al receptor el poder de desconectar y conectar el transmisor, utilizando mensajes especiales de control. Este mecanismo se presta bien cuando no existe una alternativa de la dirección del flujo de datos.

Alternativamente, se puede hacer una asignación previa de recursos, para que el transmisor pueda ajustar su tasa de transmisión de manera que no sobrepase la capacidad de receptor. Este método puede ser mejorado si se permite al receptor controlar el porcentaje de transmisión a través de mensajes especiales, llamados créditos. Cuando el receptor determina que tiene capacidad para recibir N mensajes, le envía al transmisor N créditos. El transmisor, a su vez, acumula los créditos y envía los paquetes utilizando estos créditos.

Para concluir, es interesante comprobar que el mecanismo de control de flujo también puede ser utilizado para controlar el congestionamiento de la red; sin embargo, no puede ser muy eficaz dada la naturaleza irregular de la tasa de transmisión de los nodos. Si el control de flujo limita el tráfico a una tasa media, los usuarios que precisan de "ráfagas" de alto volumen resultarán perjudicados. Si permite picos de tráfico de alto volumen, la red se congestionará cuando varios usuarios utilicen este pico al mismo tiempo.

Hemos analizado los conceptos y técnicas de conmutación por circuitos, mensajes, y paquetes, enfatizando la aplicación de cada técnica para sistemas de información. Hemos visto que cada una tiene ventajas y desventajas. Como en cualquier área, escogeríamos la mejor técnica, la cual presenta el mejor conjunto de características.

2.8 Procesamiento Digital de Imágenes

El interés en el procesamiento digital de imágenes se debe a dos razones fundamentales: el mejoramiento de la información visual para la interpretación humana y el procesamiento de escenas para máquinas de percepción autónoma. Ante dichas necesidades es pertinente analizar, de manera general, la forma en que se procesa una imagen.

Una imagen digital puede ser considerada como una matriz, en donde una fila y una columna en particular coinciden en un punto que identifica un nivel de gris. Cabe aclarar que el proceso de digitalización para imágenes a color o en blanco y negro es el mismo, la única diferencia es que en el caso de las imágenes a color, se requiere una matriz más grande para poder definir todos los colores que la matriz empleada para la digitalización de una imagen a blanco y negro. Las características de una imagen digital son:

- Se compone de píxeles y niveles de gris múltiplos de dos.
- Su tamaño típico es de 512 x 512 y 128 niveles de gris.

Una imagen $f(x,y)$ para ser procesada debe ser digitalizada espacialmente y en amplitud. La digitalización de las coordenadas espaciales (x, y) se conoce como "muestreo de imagen", y la digitalización en amplitud se denomina "cuantificación de niveles de gris".

La imagen $f(x, y)$ está representada por un arreglo matricial de $N \times M$ muestras:

$$f(x,y) = \begin{matrix} f(0,0) & f(0,1) \dots & f(0,M-1) \\ f(1,0) & f(1,1) \dots & f(1,M-1) \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ f(N-1,0) & f(N-1,1) & f(N-1,M-1) \end{matrix}$$

Dicho arreglo se conoce como "imagen digitalizada", en donde cada elemento es una cantidad discreta y cada elemento de imagen se define como pixel.

El procesamiento de digitalización requiere del establecimiento de valores para N, M y los niveles de gris G para cada pixel, los cuales son, generalmente, potencias de 2.

$$N = 2^n, M = 2^k \text{ y } G = 2^m$$

Dónde n, k y m son potencias de 2.

Los bits que se necesitan para almacenar una imagen son:

$$b = N \times M \times G$$

Donde N son las filas, M las columnas y se considera que los niveles de gris están igualmente espaciados entre 0 y L en la escala de grises. Por ejemplo, si tomamos una imagen de 128 x 128 con 64 niveles de gris, se requerirán 1,048,576 bits de almacenamiento.

Elementos para el procesamiento de imágenes digitales

En esta sección se analizarán brevemente cada uno de los elementos necesarios para procesar una imagen digital. A continuación se presentan las características más importantes de cada uno de ellos:

- **Adquisición.** Se requieren dos elementos para la adquisición de imágenes; primero, un dispositivo físico sensible a una banda del espectro electromagnético (rayos X, ultravioleta, infrarrojo) que produzca una señal eléctrica proporcional al nivel de energía almacenado, y segundo, un dispositivo que transforme la señal del sensor a una señal digital. Tales dispositivos pueden ser videograboras, scanner, cámaras fotográficas, equipo médico, etc.

- **Almacenamiento.** Aquí se distinguen tres categorías: a) de corto plazo (para uso durante el procesamiento), b) *on-line* (para la recuperación rápida de imágenes), y c) de archivo (caracterizada por un acceso menos frecuente).

El método de corto plazo utiliza la memoria de la computadora o tarjetas especializadas (*frame buffers*) que permiten el acceso rápido a una imagen o imágenes a velocidad de video (30 tramas/seg). El almacenamiento *on-line* generalmente toma la forma de discos magnéticos. El almacenamiento de archivo está caracterizado por el uso de cintas magnéticas de alta densidad y discos ópticos.

- **Procesado.** Utiliza métodos computacionales expresados en forma algorítmica, toma la imagen como una matriz de elementos discretos y la procesa como otra matriz. Ejemplos de este tipo de elementos son las computadoras, los microprocesadores y los microcontroladores.
- **Comunicación.** La comunicación en procesamiento digital de imágenes involucra la comunicación local y remota, punto a punto entre los sistemas de procesamiento de imágenes, requiriendo métodos de transmisión distintos a otro tipo de señales digitalizadas (voz, datos, etc).
- **Visualización.** Se compone de técnicas aplicadas a dispositivos para mostrar las imágenes al usuario final. Relacionan a la computadora y los dispositivos procesadores de imagen, tales como los controladores de TRC (Tubo de rayos catódicos). Los monitores monocromáticos y de color son los principales elementos de visualización, pero también pueden ser fotografías o impresiones, entre otras.

Con la elaboración de este capítulo pretendemos proporcionar un marco teórico sobre los conceptos que deben tenerse presentes para poder desarrollar este trabajo y que además permitirá comprender los temas que serán expuestos en capítulos posteriores.

CAPÍTULO III

FRAME RELAY

3. FRAME RELAY

3.1 Descripción de la Tecnología "Frame Relay"

La tecnología *Frame Relay* ha sido diseñada con el objeto de proporcionar una transmisión eficiente de datos para redes WAN que requieren transmitir grandes volúmenes de datos a altas velocidades con patrones de tamaño impredecible, los cuales son conocidos como "ráfagas".

Concretamente, *Frame relay* es un protocolo de acceso basado en la conmutación de paquetes que permite la transmisión eficiente de datos entre redes LAN, *hosts* y redes basadas en otras tecnologías de conmutación de paquetes como X.25, además de haber sido específicamente diseñada para solucionar los problemas de direccionamiento de las ráfagas de tamaño variable. Sus principales características son:

- Alta velocidad de transmisión.
- Retraso de red pequeño.
- Alta conectividad.
- Uso eficiente del ancho de banda.

Una red basada en la tecnología *Frame Relay* es capaz de soportar el manejo de diferentes dispositivos que operan bajo diferentes protocolos de comunicación, lo cual permite tener una gran versatilidad de conexión.

Como protocolo, *Frame Relay* es procesado en la primera capa del modelo OSI (capa física) y en la mitad inferior de la segunda capa, como se puede observar en la figura 3.1, lo cual permite que la transferencia de datos sea más rápida que con protocolos más complejos y por consiguiente se vea reducido considerablemente el tiempo de retraso de la transmisión en la red. Esto es posible ya que no es necesario procesar la información en la mitad superior de la capa de enlace puesto que no existe recuperación de errores o

reconocimiento de funciones en las capas anteriores, pues *Frame Relay* deja la realización de estos procesos a las capas superiores del modelo OSI.

Para llevar a cabo los procesos anteriores, *Frame Relay* se vale de otros protocolos que tienen la capacidad de realizar la recuperación de errores y que justamente trabajan en las capas superiores a las empleadas para el procesamiento de *Frame Relay*. Algunos de los protocolos más comunes son: X.25, HDLC (*High-Level Data Link control*), SDLC (*Synchronous Data Link Control*), LAPB (*Link Access Procedure Balanced*), LAPD (*Link Access Procedure, versión D*), LLC (*Logical Link Control*), etc.

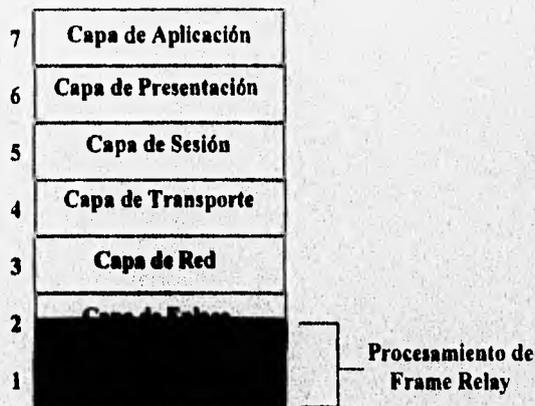


Fig. 3.1 *Frame Relay* utiliza una capa y media del modelo OSI.

Los protocolos orientados a paquetes permiten un reparto del ancho de banda "inteligente" para el flujo de tráfico en vez de utilizar la distribución de canales permanentes con ancho de banda fijo en los cuales el ancho de banda no puede ser ocupado por otros canales, aún cuando el primero se encuentre inactivo. Este protocolo, en vez de manejar ancho de banda de manera permanente, agrupa los datos en pequeños paquetes o tramas para permitir que el tráfico de varias fuentes pueda ser lógicamente multiplexado a

través de una sola interfaz, tan pronto como el ancho de banda esté disponible. Cuando no hay tráfico en algún canal, no se envían paquetes y el ancho de banda puede ser utilizado por algún otro canal.

Frame Relay hace uso de dos planos de operación: un plano de control C, en el cual se encuentra el establecimiento y terminación de las conexiones lógicas, y un plano de usuario U, que se encarga de la transferencia de datos entre los suscriptores. De esta manera, los protocolos del plano C se encuentran entre un suscriptor y la red, mientras los protocolos del plano U funcionan de terminal a terminal.

Para la transmisión de información entre usuarios finales el protocolo utilizado en el plano U es el Q.922. En el plano de control Q.922 es utilizado para proveer un servicio de control confiable para enlaces de datos, con control de errores y de flujo, para la entrega de los mensajes I.451/Q.931.

Los datos del usuario son transmitidos por tramas con prácticamente ningún proceso llevado a cabo por los nodos intermedios de la red, en los nodos sólo se realiza la verificación de errores y el "enrutamiento" (*routing*) basado en el número de conexión. Si alguna trama presenta errores es descartada, y la recuperación del error se deja a capas más altas del modelo OSI.

Estándares de la ITU *International Telecommunications Unit*

Los estándares de la ITU, antes CCITT (Comité Consultivo Internacional de Teléfonos y Telégrafos), pueden ser definidos como parte de las recomendaciones para un grupo de trabajo. Las recomendaciones "I" tienden a proveer el cuadro para servicios, protocolos y operaciones mientras que las recomendaciones "Q" definen los detalles de operación tales como señalización, transporte e instrumentos.

Estructura de la trama *Frame Relay*

Una trama *Frame Relay* contiene diez campos, como se muestra en la figura 3.2. La descripción de cada uno de éstos y de las funciones esenciales de este protocolo se presentan en los párrafos siguientes.

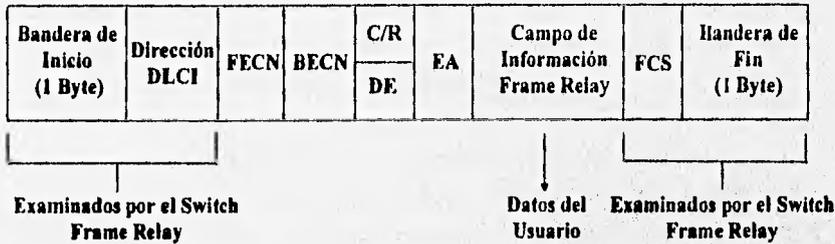


Fig. 3.2 Formato de una trama *Frame Relay* (campos Q.922.A).

- **Bandera de Inicio.** La trama empieza con una bandera de inicio formada por un bit 0 seguido de seis bits 1 y un bit 0. Esta bandera es la que indica precisamente el comienzo de una trama; también es conocida como bandera de apertura y precede al primer octeto de información.
- **Dirección DLCI.** Los DLCI (*Data Link Connection Identifier*; Identificador de Conexión del Enlace de Datos) son etiquetas de enrutamiento que permiten establecer los puntos entre los cuales se establece un PVC (*Permanet Virtual Circuit*) o Circuito Virtual Permanente, que es el enlace que permite la comunicación entre dos puntos de la red. El campo de dirección consta de 2 octetos, de los cuales, esta etiqueta ocupa 10 bits (del bit 3 al bit 8 en el primer octeto y del bit 5 al bit 8 del segundo octeto de la trama siguiente a la bandera de inicio). En el primer octeto se encuentran los bits más significativos de la dirección del DLCI; el segundo octeto contiene los bits menos significativos de la dirección del DLCI.

Nota: En el capítulo siguiente se exponen a detalle las características y el funcionamiento específico de los PVC's y de los DLCI's para el caso de *Frame Relay*.

- **FECN.** La red utiliza un bit denominado FECN (*Forward Explicit Congestion Notification*; Notificación Explícita de Congestión "Hacia Adelante") para informar si existe congestión en la red. Cuando este bit es un 1, indica al dispositivo que está recibiendo la trama, que ésta ha pasado a través de un canal o vía congestionada en la red. Este bit notifica además que el tráfico en la dirección en que viaja la trama, debe ser reducido temporalmente hasta que la congestión cese.
- **BECN.** La red fija este bit (*Backward Explicit Congestion Notification*; Notificación Explícita de congestión "Hacia Atrás") en 1 para indicar al dispositivo receptor de la trama, que el potencial de tráfico puede viajar en la dirección contraria a través de una vía que posiblemente se encuentre congestionada en ese momento. Cuando el dispositivo receptor reconoce el BECN como un 0, asume que ha cesado la congestión.
- **C/R.** Este bit (*Command/Response*; Comando/Respuesta) no es usado por la red, pues su uso se reserva exclusivamente para las funciones de los protocolos de enlace LAPD/LAPB.
- **DE.** Este campo consta de un solo bit (*Discard Eligibility*) que permite considerar aquellas tramas que pueden ser descartadas de la transmisión si la red se encuentra congestionada. Cuando este bit es un 1, indica que la trama puede ser descartada para dar preferencia a otras tramas. Si el bit DE es un cero, entonces indica que esa trama es menos elegible para ser suprimida, sin embargo, es susceptible de ser descartada si la red se encuentra bastante congestionada.
- **EA.** El campo de extensión de dirección EA (*Address Extension*) consta de un bit que siempre es configurado como un 0 en el primer octeto y como un 1 en el segundo octeto siguientes a una bandera.

- **Campo de Información Frame Relay.** Este campo transporta los datos del usuario y tiene una longitud máxima de 8187 octetos, que es recomendada para aplicaciones tales como la interconexión entre redes LAN, pues de esta manera se evita la segmentación y reconstrucción por el equipo del usuario.
- **FCS.** El campo de secuencia de comprobación de trama FCS (*Frame Check Sequence*), es un estándar de comprobación cíclica redundante compuesto de 16 bits que emplea Frame Relay para realizar la detección de errores en las tramas y la integridad de la información. Esto lo realiza generando un patrón de bits único, el cual es examinado en el extremo remoto. Si la secuencia de verificación de trama coincide en los extremos (transmisor y receptor), entonces se conserva la integridad de la trama.
- **Bandera de Fin.** La bandera de fin consta de un bit 0 seguido de seis bits 1 y un bit 0. Únicamente una bandera es requerida entre tramas, por lo tanto, la bandera de fin de una trama, puede ser la bandera de inicio de la trama siguiente.

Funciones Esenciales de "Frame Relay"

La ITU ha decidido dividir las funciones y características de *Frame Relay* en cinco estándares separados: descripción del servicio, manejo de congestión, aspectos esenciales, señalización de acceso y control de enlace de datos.

El estándar de descripción del servicio (ANSI T1.606, ITU I.233) bosqueja el propósito total y las características generales de *Frame Relay*.

El estándar de manejo de congestión (ANSI T1.206, apéndice 1; ITU I.370) define la forma en que la red y los dispositivos de usuario finales manejan la velocidad de transmisión y la saturación de tráfico de datos.

Los aspectos esenciales de *frame relay* (ANSI T1.618, ITU Q.922) y la señalización de acceso (ANSI T1.617, ITU Q.933) especifican un protocolo para establecer y liberar una

llamada virtual conmutada y proporciona información continua a los usuarios de los circuitos virtuales dañados o restaurados.

El estándar de control de enlace de datos (ITU Q.922) proporciona un mecanismo opcional para asegurar una correcta entrega de información a través de la red.

Entre las funciones esenciales ITU Q.922 usadas por *Frame Relay* están:

- Delimitación, alineación y transparencia de la trama.
- El multiplexaje/demultiplexaje de trama usando campos de direccionamiento.
- La inspección de la trama para asegurar que contiene un número entero de octetos anterior a la inserción de bits 0 o posterior a la extracción de bits 0.
- La inspección de la trama para asegurar que no es ni muy grande ni muy pequeña.
- La detección de errores de transmisión y funciones de control de congestión.

En el campo de información de congestión ubicado en el campo de direcciones se almacenan los bits relativos al control de congestión. Si la red experimenta congestión, es porque varias fuentes de datos están contenidas por el mismo ancho de banda y generan ráfagas y tráfico impredecible de datos. Cada fuente es distribuida a una velocidad de información acordada y un tamaño de ráfaga convenido, lo que permite que todas las fuentes empiecen a transmitir al mismo tiempo sin congestión. Sin embargo, cada fuente puede intentar exceder su velocidad convenida para tomar ventaja del ancho de banda sin uso. Cuando muchas fuentes compiten por este ancho de banda ocurre congestión.

La ITU define los objetivos del control de congestión para *Frame Relay* como los siguientes:

- Minimizar las tramas descartadas.
- Mantener, con grandes probabilidades y mínima varianza, la conveniente calidad de servicio.
- Minimizar la posibilidad de que un usuario final monopolice los recursos de la red a expensas de otros usuarios.

- Ser simple de implantar y tomar un pequeño lugar en el encabezado de cada usuario de la red.
- Crear un mínimo tráfico adicional en la red.
- Distribuir imparcialmente los recursos de la red entre usuarios finales.
- Limitar el despliegue de congestión a otras redes y elementos en la red.
- Operar efectivamente, no obstante el flujo de tráfico en cualquier dirección entre usuarios.
- Tener la mínima interacción o impacto en otros sistemas en la red *Frame Relay*.

La velocidad de información convenida (**CIR**; *Committed Information Rate*) es la velocidad mínima, expresada en bits por segundo, a la cual la red consiente transferir los datos. La velocidad de la conexión física entre el equipo de usuario y la red corresponde a la velocidad de acceso. El tamaño de ráfaga acordado (**Bc**; *Committed Burst Size*) es el máximo número de bits que la red conviene transferir durante un intervalo de medición (T).

$$T = Bc/CIR$$

Las redes *Frame Relay* pueden usar esta noción de velocidad para realizar una coacción de velocidad en la interfaz del usuario. La coacción de velocidad significa que las tramas excedidas respecto al CIR serán transportadas sólo si está disponible el ancho de banda, y serán descartadas si el ancho de banda es insuficiente. Un bit de elegibilidad descartada (DE; *Discard Eligibility Bit*) puede ser colocado en tramas de prioridad baja de modo que sean descartados primero en la pérdida de tramas. Este bit es colocado por la *Frame Relay* en cualquier trama que exceda el CIR, ya que asume que cualquier trama de este tipo es de prioridad baja.

El control de congestión es la coyuntura de responsabilidad de los usuarios y la red. La red (p. e. el conjunto de nodos *Frame Relay*) es la mejor posición para monitorear el grado de congestión, mientras que los usuarios finales son la mejor posición para controlar la congestión limitando el flujo de tráfico. Con el precedente en mente, podemos considerar dos estrategias generales de control de congestión: Evasión de congestión y recuperación de congestión.

Los procedimientos de evasión de congestión son usados en la embestida de congestión para minimizar el efecto en la red. Los procedimientos de recuperación de congestión son usados para prevenir el colapso en la red frente a una severa congestión, estos últimos son iniciados cuando la red ha comenzado a soltar tramas.

ITU y ANSI consideran que la evasión de congestión con señalización explícita y la recuperación de congestión con señalización implícita son formas complementarias de control de congestión en un servicio primitivo *Frame Relay*.

Para la señalización explícita, se proporcionan dos bits en el campo de dirección de cada trama: el FECN y el BCEN, que ya han sido definidos en párrafos anteriores. Cualquiera de estos bits en el manejador de trama pueden detectar la congestión. Si un manejador de trama transmite una trama en la cual aparecen uno o ambos bits, éstos no deben ser eliminados, pues constituyen señales de la red para el usuario final.

La opción del FECN o BECN puede ser determinada por los usuarios finales en una conexión lógica dada para responder a uno u otro de estos bits en un tiempo de configuración. En cualquier caso, el manejador de trama tiene alguna opción en la conexión lógica para alertarse ante la congestión. Si la congestión está llegando a niveles más serios, todas las conexiones lógicas a través del manejador de trama deberán ser notificadas.

La respuesta del usuario es determinada por el receptor de señales BECN o FECN. El procedimiento más sencillo es la respuesta a una señal BECN: el usuario simplemente reduce la velocidad de transmisión de las tramas hasta que cesa la señal. La respuesta a un FECN es más compleja, desde que el usuario requiere notificar a su contraparte en esta conexión hasta que restringe el flujo de tramas. Las funciones esenciales usadas en el protocolo *Frame Relay* no soportan esta notificación. Por lo tanto, debe ser dada en un estrato más alto, como por ejemplo, el estrato de transporte.

La señalización implícita ocurre cuando la red descarta una trama, y este hecho es detectado por el usuario final en un estrato superior, tal como Q.922. El estándar ANSI

sugiere que el usuario que sea capaz de variar el tamaño de ventana del control de flujo use este mecanismo en respuesta a la señalización implícita.

El manejo de congestión implícita es menos efectivo que el explícito, ya que se requiere una reacción más drástica por parte de los dispositivos inteligentes finales. Con el manejo de congestión explícita se identifica y corrige una condición de congestión antes de que llegue a ser crítica.

En la operación *Frame Relay*, puede darse el caso en que un usuario no posea un canal de conexión con otro usuario con el cual le interese intercambiar información de manera eventual. Para este caso puede emplearse un manejador de trama que permita establecer la comunicación entre dichos usuarios. Para la provisión de servicios de manejo de trama deben tenerse presentes dos situaciones:

1. La central local no proporciona la capacidad de manejo de trama. En este caso, el acceso conmutado debe ser proporcionado desde el equipo terminal hasta el manejador de trama en la red. Esto puede realizarse por una conexión en demanda o por una conexión semipermanente. En cualquier caso, el servicio *frame relay* es proporcionado sobre un canal B (canal de 64 kb/s) ó H (canal de 384, 1536 ó 1920 kb/s).
2. La central local proporciona la capacidad de manejo de trama. En este caso, el servicio *Frame Relay* proporciona un canal B, H o D (canal de 16 kb/s). Para el servicio en canal B o H, una conexión en demanda debe ser usada para dedicar un canal B o H para *Frame Relay* a menos que exista una asignación permanente. Para el servicio en demanda y el servicio semipermanente son dos opciones viables.

Todas estas consideraciones previas tienen que ver con la conexión entre el suscriptor y el manejador de trama, la cual referimos como una conexión de acceso. Desde que existe esta conexión, es posible multiplexar conexiones lógicas múltiples, referidas como conexiones *Frame Relay*, sobre la conexión de acceso. Tal conexión lógica puede ser en demanda o semipermanente. Si la conexión es semipermanente, entonces el protocolo

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

de control de llamada no es requerido. Si la conexión es del tipo en demanda, entonces existen dos alternativas:

- La conexión de acceso se establece en un canal B o H de un sistema hacia el manejador de trama remoto. El protocolo de control de llamada RDSI normal, es usado en el canal D para realizar la conexión de acceso. Esta es la misma estrategia usada para soportar X.25 en un canal B.
- La conexión de acceso va de un sistema a la central local. Si la conexión se establece en un canal B o H, entonces el protocolo de control de llamada es usado en el canal D para realizar la conexión de acceso.

Ahora consideremos el establecimiento de una conexión *Frame Relay*. Para este propósito debe existir con anterioridad una conexión de acceso. Para una conexión semipermanente *Frame Relay* no es requerido el protocolo de control de llamada; note que esto requiere la existencia de una conexión de acceso semipermanente. Si la conexión *Frame Relay* va de un sistema en demanda sobre una conexión de acceso existente, hay dos alternativas:

- Esto es posible usando mensajes de control de llamada en la conexión *Frame Relay* DLCI = 0. Estos mensajes son transportados en el campo de información de la trama de enlace de datos.
- Alternativamente es posible usar el mismo mensaje de control de llamada encapsulado en tramas LAPD en el canal D. Para este propósito se usa un SAPI 0 como mensaje.

En cualquiera de los dos casos, los mensajes de control de llamada son actualmente un subgrupo de mensajes usados en la norma I.451/Q.931, con algunos parámetros hechos a la medida de la aplicación *Frame Relay*. A continuación se muestra una tabla de lo expuesto anteriormente (Tabla 3.1.)

		Conexión de Acceso/Conexión Frame Relay		
		Demanda/Demanda	Semipermanente/ Demanda	Semipermanente/ Semipermanente
Acceso conmutado al manejador de trama	Establecimiento de conexión de acceso	1.951/Q.931 en canal D para realizar conexión	Semipermanente	
	Establecimiento de conexión Frame Relay	Mensajes Frame Relay internos en el canal B o H, DLCI = 0		Semipermanente
Acceso integrado al manejador de trama	Establecimiento de conexión de acceso	1.951/Q.931 en canal D para realizar conexión	Semipermanente	
	Establecimiento de conexión Frame Relay.	Mensajes Frame Relay en canal D, SAPI = 0		Semipermanente

Tabla 3.1 Conexión de Acceso/Conexión Frame Relay.

3.2 Comparación Tecnológica

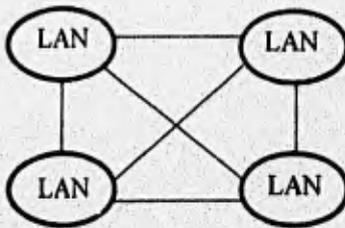
Como ya hemos visto, existen diferentes maneras de conectar una red y la forma más elemental de lograrlo es empleando un enlace punto a punto a través de un medio físico como las líneas privadas. Sin embargo, como es de suponerse, ésta no sería la forma adecuada para conectar redes con demasiados nodos y mucho menos en lugares distantes, pues el costo se vería altamente incrementado ya que el número requerido de líneas para conectar N número de nodos está dado por la fórmula $(N(N-1)) / 2$. Es por esta razón que se han desarrollado diferentes métodos y tecnologías con el propósito de estos requerimientos, sobre todo cuando se desea conectar varias redes LAN, es decir, establecer una red de área amplia WAN. Estos métodos van desde el uso de líneas privadas (*leased lines*), conexiones en anillo y redes de multiplexores EI, hasta redes de conmutación, como la red telefónica, o bien, redes que emplean protocolos de conmutación de paquetes como X.25, Frame Relay y ATM (*Ashynchronous Transfer Mode*). Otra de las características

deseables en una red, es poder emplear una amplia variedad de protocolos, sobre todo, los protocolos "estandarizados".

Para poder elegir entre una y otra opción, es necesario conocer cuales son las ventajas y desventajas que presenta bajo ciertas condiciones de operación. A continuación se presenta una breve descripción del funcionamiento de cada una de las tecnologías y métodos mencionados.

• Líneas Privadas

El uso de líneas privadas es un método muy popular de conectividad, particularmente para LANs, ya que permiten enlaces punto a punto o punto-multipunto; sin embargo, cabe aclarar que estos enlaces no se realizan de manera conmutada y que no resulta práctico su funcionamiento cuando el área a cubrir es muy extensa. El tiempo que tarda en establecer la comunicación entre puntos terminales (*Call Setup Time*) es extremadamente bajo ya que el enlace es directo, lo cual también permite ofrecer altas velocidades de transmisión. Una de las desventajas principales es que, una vez que la línea ha sido contratada y colocada, deberá pagarse el 100% del tiempo contratado, haya o no tráfico a través de ella. En la figura 3.3, se muestra una red de líneas privadas con sus correspondientes atributos.



Atributos

- ⇒ No ofrece servicios de conmutación.
- ⇒ Tiempos de acceso rápidos.
- ⇒ Velocidades de transmisión variadas (de lentas a rápidas).
- ⇒ Transporte transparente de protocolos.
- ⇒ No es muy eficiente bajo condiciones de tráfico intenso.
- ⇒ No ofrece rutas alternas.
- ⇒ La administración de la red es limitada por parte del usuario.

Fig. 3.3 Red de líneas Privadas

- **Conexión en Anillo**

Mediante el uso de esta técnica, es posible conectar n número de nodos con el mismo número n de líneas, lo cual reduce considerablemente la cantidad de éstas y por consiguiente, el precio. La desventaja que presenta es que no existe una trayectoria directa entre dos puntos, sino que para establecer la comunicación entre dos nodos es necesario pasar primero por todos los anteriores hasta llegar al nodo deseado. El problema es aún mayor cuando el tráfico de información es intenso. En este caso, la comunicación se ve entorpecida ya que la línea de comunicación (*bus*) es la misma para todos los usuarios, los cuales verán afectado su proceso de comunicación con otros nodos, pues sus ciclos de trabajo se verán reducidos para que pueda soportarse el tráfico requerido por los nodos en cuestión. Además, es importante mencionar que si llega a ocurrir una falla en algún nodo, la comunicación entre los restantes se verá interrumpida.

- **Red Telefónica Pública**

Por naturaleza, esta es una red de líneas conmutadas en la cual un nodo puede comunicarse con cualquier otro marcando el número (dirección) correspondiente. Esta red permite un transporte transparente de protocolos, es decir, en ella puede ser empleada una gran variedad de éstos. Sin embargo, presenta grandes desventajas en cualquier otro uso diferente al tráfico de voz. Por ejemplo: el canal dedicado a establecer la comunicación permanecerá habilitado el tiempo que dure la conversación y no podrá ser empleado para tener acceso a otro nodo mientras esto suceda; los tiempos de acceso son relativamente altos (aproximadamente 10 segundos), lo cual no es funcional para casos en los cuales la transferencia de datos va a durar un segundo; además, la administración de la red se encuentra limitada para el usuario.

- **Red de Multiplexores E1**

Existe una tercera alternativa de conectividad que consta de un *backbone* (enlace principal) y de multiplexores de E1 en la cual se establecen enlaces lógicos, no físicos, entre los diferentes puntos terminales, lo que permite un mejor aprovechamiento de la

topología de la red y también una mayor velocidad de transmisión que las opciones anteriores. Desafortunadamente esta alternativa presenta una gran desventaja en cuanto al costo, ya que para interconectar n nodos, debe haber $n-1$ enlaces para cada punto terminal, y si a cada uno de éstos corresponde un multiplexor también existirán $n-1$ enlaces para cada uno de ellos. Por otra parte, si a cada multiplexor le corresponden más de un punto terminal, el número de enlaces entre multiplexores disminuirá, pero el número de puertos de acceso será mayor, lo cual también implica un costo extra. En la figura 3.4 se observa una red de multiplexores E1.

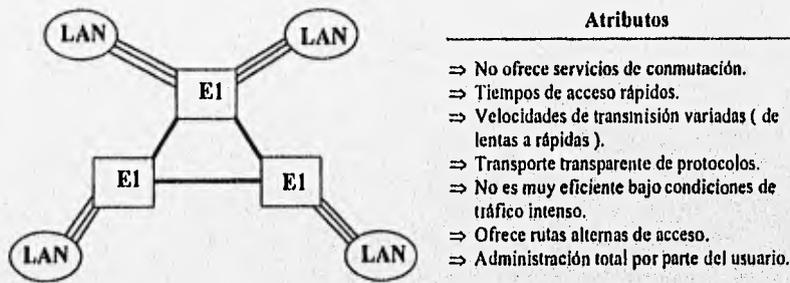
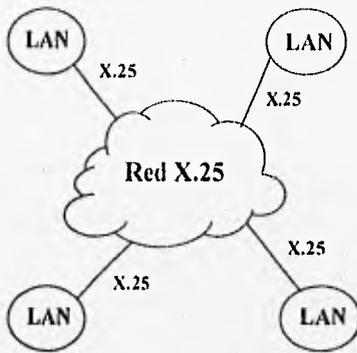


Fig. 3.4 Red de Multiplexores E1.

• Redes X.25

Este tipo de redes ofrece servicios de comunicación conmutados, es decir, a través de un *switch* se realiza el enlace entre puntos terminales sin necesidad de contar con un extenso número de líneas de acceso, ya que a través de un mismo canal de comunicación se puede tener acceso a otro nodo, lo cual constituye una buena alternativa de conectividad para redes WAN. Por otra parte, el tiempo que emplea en establecer la comunicación entre puntos terminales es relativamente rápido (típicamente menos de 1 segundo). En la figura 3.5 se muestra una red X.25.



Atributos

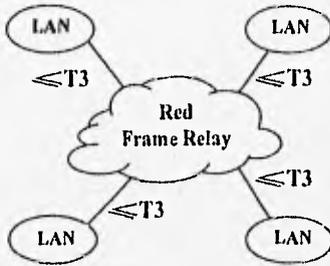
- ⇒ Ofrece servicios de conmutación.
- ⇒ Tiempos de acceso rápidos.
- ⇒ Velocidades de transmisión variadas (de 1.2 kbits/s hasta un E1 (2.048 Mbits/s)).
- ⇒ Transporte limitado a ciertos protocolos.
- ⇒ Ofrece rutas alternas de acceso.
- ⇒ Administración total por parte del usuario.
- ⇒ Manejo y control de errores.

Fig. 3.5 Red X.25.

Es importante mencionar que una de las desventajas principales de esta tecnología es que todos los protocolos que se manejan en una red X.25 deben ser "adaptados" a esta tecnología, lo cual requiere de software o hardware extra. Estos adaptadores son conocidos como PAD (*Packet Assembler and Disassembler*), y se encuentran disponibles para los protocolos más comunes, sin embargo, existe una gran cantidad de protocolos que no pueden ser soportados por X.25.

- **Redes Frame Relay.**

Esta tecnología permite la conectividad entre dos puntos cualesquiera de la red sin necesidad de líneas de acceso adicionales, troncales o "brincos" de tráfico, tal como se ilustra en la figura 3.6. Ofrece además velocidades de transmisión muy altas, tiempos de acceso extremadamente bajos y es realmente efectivo en los casos en que se presenta un tráfico intenso de información.



Atributos

- ⇒ Ofrece servicios de conmutación.
- ⇒ Tiempos de acceso muy rápidos.
- ⇒ Velocidades de transmisión muy rápidas.
- ⇒ Transporte transparentes de protocolos.
- ⇒ Es muy eficiente bajo condiciones de tráfico intenso.
- ⇒ Ofrece rutas alternas de acceso.
- ⇒ Administración total por parte del usuario.
- ⇒ Posee un ancho de banda dinámico.
- ⇒ Transmisión de voz y Datos.

Fig. 3.6 Red Frame Relay.

• Redes ATM (Asynchronous Transfer Mode)

ATM es un concepto similar a *Frame Relay*. Ambos aprovechan las ventajas de confiabilidad y fidelidad que proporcionan las modernas tecnologías digitales para proporcionar un método de conmutación de paquetes más rápido que cualquier otra tecnología en su género. *ATM* posee la tasa más alta en transmisión de datos, lo cual lo hace más efectivo funcionalmente que *Frame Relay*. De la misma manera que *Frame Relay* y que *X.25*, permite múltiples conexiones lógicas para ser multiplexadas sobre una misma interfaz física.

La información que fluye sobre cada conexión lógica es organizada en paquetes llamados celdas, las cuales pueden ser conmutadas más eficientemente, y es precisamente esta característica la que permite tener tasas más altas de transmisión.

Entre las múltiples ventajas que ofrece *ATM* se encuentran las siguientes:

- Ofrece un alto desempeño bajo condiciones de tráfico intenso.
- Posee un ancho de banda dinámico (asigna un ancho de banda mayor al canal que requiere una transmisión de información mayor).
- Proporciona las tasas de transmisión de datos más altas hasta el momento.

- Puede utilizar varias interfaces de la capa física para el transporte.
- Es capaz de transmitir voz, datos y video.
- Permite comunicación full duplex (en ambos sentidos al mismo tiempo) a una velocidad de 155.52 Mbps.
- Ofrece dos tipos de conexión: canales virtuales que proveen conexiones lógicas entre dos usuarios y trayectorias virtuales que definen una ruta de destino entre los mismos.

Algunas de las desventajas de emplear esta tecnología son:

- La mayoría de los estándares empleados, todavía están siendo definidos.
- Todo el hardware que requiere es completamente nuevo, lo que implicaría un gran costo extra si se desea emigrar de alguna de las tecnologías anteriormente expuestas a ATM.
- No soporta la comunicación inalámbrica.

Tomando en cuenta las ventajas y desventajas que presentan las tecnologías anteriormente mencionadas, consideramos que la mejor alternativa de solución es *Frame Relay*, ya que ofrece una alta confiabilidad de transmisión pues emplea medios de comunicación del mismo tipo, como la fibra óptica; permite el manejo e intercambio de datos e imágenes (que constituyen la principal fuente de información para los médicos), además de altas velocidades de transmisión y una elevada eficiencia en el manejo de grandes volúmenes de información, entre otras.

Por su parte, *ATM* es una de las tecnologías de conmutación más confiables, seguras y modernas para el manejo de datos, voz y video; sin embargo, presenta grandes desventajas para su uso en México, pues no existe aún en nuestro país una Red Digital de Servicios Integrados (*ISDN: Integrated Services Digital Network*) sobre la cual trabaja de manera óptima este protocolo. Por otro lado, la gran mayoría de los equipos y medios de comunicación que requiere para su funcionamiento son bastante sofisticados y novedosos, creados especialmente para esta tecnología, sin permitir el aprovechamiento de la infraestructura que pueda tenerse en un momento dado, lo cual implicaría que una

"migración" de una red basada en cualquier tecnología a otra basada en *ATM*, resultaría un proceso sumamente caro.

Por otra parte, a pesar de que el protocolo *X.25* fue diseñado para brindar alta confiabilidad en la transmisión de datos, al manejar grandes cantidades de información se vuelve muy lento, es decir, resulta un tanto ineficiente bajo condiciones de tráfico intenso. Esta característica permite descartarlo como alternativa de solución para todos aquéllos casos en los que se requiere manejar grandes volúmenes de información en el menor tiempo posible.

3.3 Beneficios y Limitaciones

Uno de los beneficios que se obtiene con el uso de la tecnología *Frame Relay* es el muy bajo retraso a través de un nodo de conmutación *Frame Relay*. El tamaño del retraso de la red misma es también reducido porque son utilizadas líneas de acceso de alta velocidad y el ancho de banda de las líneas principales es dinámico, es decir, la disponibilidad de éste en los nodos tendrá base en las características de los datos que atraviesan dichos nodos.

Estos dos beneficios al operar en conjunto reducen el tiempo que los usuarios esperan para que la red complete la transmisión; de este modo la productividad es incrementada.

Amplios beneficios se derivan por el uso de una línea de acceso entre un punto terminal y una red *Frame Relay* que puede soportar tráfico de datos que van a distintos destinos. El número de puertos es reducido en los dispositivos de los puntos terminales; así como en el conmutador.

Otro beneficio de *Frame Relay* es la transparencia de su protocolo. *Frame Relay* permite la conmutación de *X.25*, *SNA*, *TCP/IP*, u otro tipo de protocolos de igual naturaleza.

Finalmente, porque *Frame Relay* desarrolla conmutación de datos, la red ejecuta la conectividad de los puntos terminales; esto es, cualquier punto puede comunicarse con otro tan largo como halla establecido el identificador de conexión. Aún mejor, esta conexión es realizada sin cometer faltas en términos del número de puertos, el número de líneas de acceso o capacidad requerida en las troncales principales.

Frame Relay también puede actuar con *ISDN*, pero no requiere de ésta. *Frame Relay* será compatible con implementaciones futuras de *ISDN*. En resumen, *Frame Relay* maneja efectivamente los requerimientos modernos para alta velocidad y la conmutación por paquetes en redes.

Existen también varias limitaciones en *Frame Relay*, las cuales son consideradas a continuación. Como se ha señalado constantemente, *Frame Relay* no trabajará bien a menos que sea usado en un ambiente donde los puntos terminales son "inteligentes" y los medios de comunicación sean de alta velocidad, calidad y confiabilidad.

Frame Relay no es capaz de soportar la transmisión de voz de manera eficiente. La razón es que el tráfico de voz es altamente sensitivo a las variaciones en el retraso de la transmisión producido por las redes, mientras más pequeñas sean las variaciones, producirán menos problemas en el tráfico de datos de voz.

Para que la voz sea soportada satisfactoriamente en la conmutación por paquetes, cada paquete deben tener un tiempo marcado, el cual es monitoreado por la red y *Frame Relay* carece de un mecanismo semejante.

Otra limitación, es que los enlaces de acceso a redes *Frame Relay* son comunmente limitados a velocidades *T1* o *E1*, aunque es importante notar que no hay semejantes limitaciones en la velocidad de las troncales. Esta es otra limitación de la tecnología común y su habilidad para procesar en la capa de enlace. Futuras implementaciones de *Frame Relay* soportarán velocidades de acceso arriba de *T3* (45 millones de bits por segundo).

Otra limitación implica al estandar de proceso de control de congestionamiento definido por *Frame Relay*. Si todas las LAN's conectadas a un nodo *Frame Relay* tuvieran datos que mandar en un mismo instante de tiempo y si esos paquetes de datos fueran lo suficientemente grandes para vaciar los buffers de los nodos, la red se sobrecargaría y alguna de esas tramas se perderían, sin embargo, esas situaciones de congestión son raras si la red es diseñada apropiadamente, y cuando esto ocurra el protocolo de los puntos terminales inteligentes se encargará que los datos no sean recibidos continuamente. Los puntos recobrarán por retransmisión las tramas perdidas. Esto será ventajoso para las redes *Frame Relay*, ya que será capaz de notificar a los dispositivos de los puntos terminales que fueron mandados datos cuando no había capacidad disponible en la red.

Finalmente, debido a su trayectoria natural, *Frame Relay* esta limitada en funciones de valor agregado. Alguna de esas funciones quizás sean importantes en ciertas aplicaciones, por ejemplo, la seguridad y la conversión de protocolo. Si un usuario requiere de estas capacidades de valor agregado en un ambiente *Frame Relay* una aproximación será usar un dispositivo X.25 como un punto terminal inteligente. Este punto puede volver a conectarse a la terminal y a dispositivos anfitriones.

Para este tipo de configuración, sería necesario fusionar capacidades de valor agregado de la tecnología X.25 con la eficiencia de tránsito de *Frame Relay*.

3.4 Redes Frame Relay

Las redes *Frame relay* son redes WAN de alta velocidad que permiten a dispositivos remotos comunicarse entre sí, aún cuando éstos se encuentren operando bajo distintos protocolos. Los dispositivos terminales pueden ser estaciones de trabajo, computadoras personales o servidores que trabajan en el ambiente LAN; procesadores frontales en redes Token Ring; dispositivos síncronos, asíncronos o X.25 en redes de conmutación de paquetes.

Las redes *Frame Relay* pueden ser públicas, privadas o híbridas. Una red de este tipo consiste de un equipo de usuario que soporta interfaces *Frame Relay*, uno o más procesadores *Frame Relay* propios del usuario o de un *carrier* particular, y enlaces de comunicación entre los usuarios y los procesadores nodales, y entre los propios procesadores.

El equipo de usuario está formado por ruteadores *LAN* configurados apropiadamente. Los procesadores nodales interpretan y transmiten la trama (usando celdas, o en algunos casos, tramas), haciendo una realidad del concepto de *Frame Relay*. En la fig. 3.7 se presenta un ejemplo típico de una red *Frame Relay*: las tramas recorren una ruta *PVC* fija a través de la red, aunque los recursos de transmisión (incluyendo el ancho de banda) no están dedicados a cada conexión virtual.

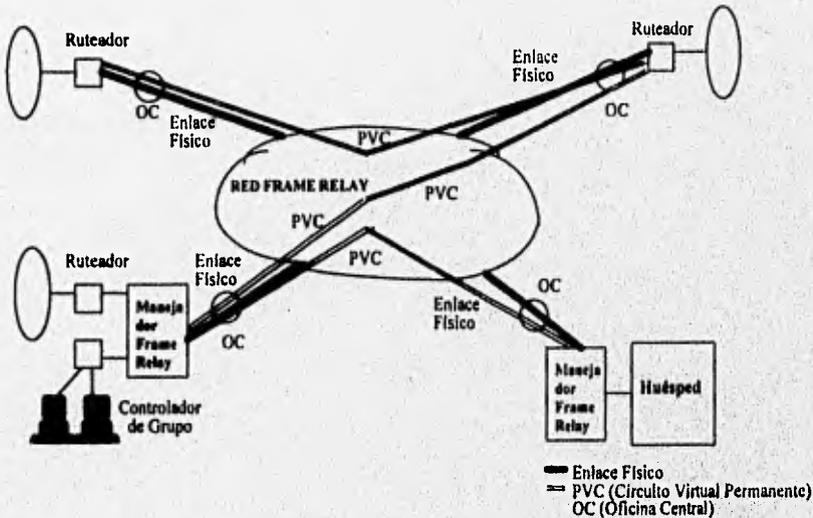


Fig. 3.7 Esquema Básico de una Red Frame Relay.

Los ruteadores que aparecen proporcionan el establecimiento previo del camino o ruta que van a seguir las tramas, a través de una tabla de enrutamiento. Esta tabla de

enrutamiento es recibida por la Oficina Central en el sitio remoto, que se encarga de coordinar la sincronización en los conmutadores y proporciona la capacidad de manejo de trama por medio de interfaces. El enlace físico es una línea dedicada exclusivamente durante la comunicación, mientras que el circuito virtual permanente es una conexión lógica entre los equipos terminales de datos *DTE* que se libera en el momento en que termina la comunicación. Como podemos observar, siempre que están presentes los equipos de cómputo, tales como las computadoras *host* o los controladores de grupo de estaciones de trabajo, se hace necesario el uso de manejadores *Frame Relay*, debido a que ellos son los que adecuan la información en forma de tramas o celdas de un tamaño específico para la transmisión.

Las principales características de una red *Frame Relay* son las siguientes:

- Red estandarizada por normas ITU y ANSI.
- La red sólo proporciona funciones "esenciales": detección de errores, manejo de congestión, delimitación, alineación y transparencia de la trama, multiplexaje y demultiplexaje de trama usando campos de direccionamiento e inspección de la trama para asegurar que no es ni muy grande ni muy pequeña.
- La red no garantiza la entrega de datos.
- Los protocolos del equipo de usuario son responsables de retransmitir los datos que son perdidos o descartados por la red debido a la congestión.
- Las tramas son transportadas transparentemente (solamente la etiqueta, los bits de congestión, y la secuencia de verificación de trama (*FCS*) pueden ser modificados por la red).
- La red detecta (pero no corrige) errores de transmisión, errores de formato y errores operativos.
- La red no reconoce o retransmite tramas.
- La red entrega tramas en secuencia.

Equipo Frame Relay

En una red privada *Frame Relay*, el procesador nodal es el componente más importante. Con un procesador de baja capacidad, *Frame Relay* no soportará el tráfico requerido. Una plataforma basada en *cell relay* con herramientas de manejo efectivo de red son el tipo de equipo que están buscando los usuarios finales.

Debe ser usado un procesador rápido interno que mantenga la conmutación en el nivel requerido por los nuevos ruteadores que han llegado al mercado y por las aplicaciones de datos intensivos del usuario.

El procesador nodal debe soportar interfaces estándares de alta velocidad para que los ruteadores faciliten la interconexión de equipos de una gran variedad de marcas. Esta interfaz *Frame Relay* debe tolerar una velocidad T1 completa, a fin de trabajar apropiadamente con los sistemas de enrutamiento existentes en líneas dedicadas T1. Es importante que sean sustentados un número adecuado de *PVC's* por interfaz *Frame Relay*, de lo contrario, un número restrictivo de *PVC's* impide que el enlace y el puerto compartan los beneficios de *Frame Relay*.

Generalmente, no todos los sitios de la compañía que posee la red tienen los mismos volúmenes de tráfico de entrada/salida. Por consiguiente, la habilidad de mezclar troncales T1 y fraccional T1 es una característica importante para el ahorro en los costos globales de la instalación de la red.

Un procesador nodal tolera dispositivos como las terminales síncronas y asíncronas y flujos X.25 en aquellas situaciones donde no está disponible la interfaz *Frame Relay*. Es deseable contar con un sistema centralizado con acceso a la red a través de una arquitectura distribuida. Las interfaces amigables del usuario y las estaciones de trabajo con ventanas son un ejemplo claro de lo anterior.

Mecanismo de Transmisión a Través de una Red Frame Relay

Cuando usamos una interfaz *Frame Relay*, el ruteador de una LAN selecciona el ruteador remoto requerido para especificar el circuito virtual permanente vía un identificador de conexión de enlace de datos (*DLCI*) contenido en la trama *Frame Relay* (el identificador es asignado originalmente por el administrador de la red). El procesador nodal acepta la trama recibida en uno de sus puertos de entrada, la segmenta en celdas mientras fija un número de secuencia para el conmutador remoto de reensamble, y la entrega a una troncal conectada al mismo. El conmutador debe segmentar las tramas *Frame Relay* entrantes en formatos de celdas, ya que las tramas pueden ser demasiado grandes y las celdas son más manejables; por ejemplo, los estándares ITU especifican celdas con 48 octetos de carga útil y 5 celdas extras para encabezado.

A pesar de que la red no se ocupa de la corrección de errores, el procesador nodal verifica el código de la secuencia de verificación de trama, en caso de haber algún error descarta inmediatamente las celdas con el mismo *DLCI*.

Cualquier red necesita asegurarse de que el tráfico de datos es enrutado adecuadamente de la fuente al destino. En una red *Frame Relay* el enrutamiento de las tramas es determinado por el *DLCI* en una interfaz de usuario de la red dada. Los nodos usan el *DLCI* para establecer el destino de las tramas. Debemos recordar que el *DLCI* sólo tiene significancia local, es decir, no es una dirección de destino sino una bandera de identificación de la conexión lógica.

Por último, cabe señalar que el procesador nodal no tiene que leer la trama de longitud variable para realizar la conmutación, en lugar de ello, el *DLCI* es suficiente para permitir la etapa de procesamiento que realiza la decisión de enrutamiento necesaria.

Las características de la tecnología *Frame Relay*, que han sido expuestas a lo largo de este capítulo, servirán para poder comprender la aplicación práctica de esta tecnología que se presenta en el capítulo siguiente, donde se realiza el diseño de la red que se ha planteado para la elaboración del presente trabajo.

CAPÍTULO IV

DISEÑO DE LA RED

4. DISEÑO DE LA RED

4.1 Descripción de la Red

La imperante necesidad de intercambiar información entre hospitales y centros de salud en México (datos e imágenes principalmente), es la razón fundamental que da lugar a la presente propuesta de tesis: diseñar una red de telecomunicaciones que permita interconectar a los usuarios interesados en compartir información médica.

En la mayoría de los hospitales se cuenta ya con una red interna de comunicación (LAN), que les permite obtener e intercambiar información a nivel local, mediante el uso de sistemas de cómputo que proporcionan una gran facilidad de manejo de información; cuentan también con equipos especiales que generan imágenes, los cuales son empleados para realizar estudios específicos en los pacientes. Las imágenes pueden ser procesadas en una computadora y almacenadas en un servidor para consultas posteriores, empleándolo como un medio de almacenamiento y organización de archivos médicos. Lo mismo ocurre con las historias clínicas de los pacientes y con todos aquellos datos de interés sobre el mismo.

La solución consiste en proporcionar a cada uno de estos centros, un canal o medio de comunicación que le permita establecer contacto con otros centros de salud para que pueda intercambiar información sin necesidad de preocuparse por la manera en que se lleva a cabo este proceso, por la administración de la red o por modificar su red interna (si ya existe).

Los centros médicos que no cuenten con una red interna podrán ser agregados a la red mediante una terminal para consulta de otros centros de información, o bien, puede sugerirse la creación de una red interna, sin embargo, la realización de la misma quedará a consideración de dicho centro.

Para ambos casos, hemos decidido emplear el protocolo de conmutación de paquetes *Frame Relay*, ya que proporciona rapidez y confiabilidad en la transmisión además de haber sido creado especialmente para interconectar redes LAN a través de una red WAN, lo cual implica que puede manejar un gran número de usuarios, permitiéndoles el intercambio de grandes cantidades de información en sitios remotos.

Objetivo del Diseño de la Red

El propósito inicial del diseño de esta red es interconectar a los hospitales interesados del Distrito Federal, Guadalajara y Monterrey, mediante la creación de tres nodos principales (uno en cada ciudad) conectados entre sí, donde se realizarán los procesos necesarios para permitir la comunicación de los usuarios que integran la red. Se han elegido tales ciudades como los lugares de ubicación de los nodos principales considerando que son los sitios con mayor concentración de población del país. Cada nodo principal estará constituido por un *switch Frame Relay* y uno de ellos (el del Distrito Federal) contará con una estación dedicada a la administración de la red. Cada hospital posee el equipo necesario para conectarse a su respectivo nodo principal y para poder tener comunicación con los demás centros de salud de su interés.

Cabe aclarar que las conexiones entre nodos principales y entre usuarios se llevarán a cabo mediante la RDI de Telmex, debido a que *Frame Relay* requiere de un medio de transmisión seguro como la fibra óptica para funcionar eficientemente y hasta el momento, esta empresa es la única que ofrece este servicio.

4.2 Requisitos para el Diseño de la Red

Las redes de telecomunicaciones pueden clasificarse en dos categorías: redes públicas y redes privadas. Las redes públicas son aquellas a través de las cuales se explotan comercialmente servicios de telecomunicaciones. La red no comprende los equipos terminales de telecomunicaciones de los usuarios ni las redes de telecomunicaciones que se encuentren más allá del punto de conexión terminal. Una red privada es una red de

telecomunicaciones destinada a satisfacer necesidades específicas de servicios de telecomunicaciones requeridos por un sector o grupo de personas.

Puesto que la red propuesta en el presente trabajo, tiene como objetivo interconectar hospitales y centros de salud para que puedan intercambiar datos e imágenes médicas exclusivamente, podemos decir que pertenece a la categoría de redes privadas. Para este caso, la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), en el Artículo 28 de la Ley Federal de Telecomunicaciones, publicada en el Diario Oficial el día Miércoles 7 de Junio de 1995, establece que: " Las redes privadas de telecomunicaciones no requerirán de concesión, permiso o registro para operar, salvo que utilicen bandas de frecuencias del espectro, en cuyo caso se estará a lo dispuesto en el Artículo 14 de dicha Ley ".

Con base en lo expuesto anteriormente, podemos concluir que los requerimientos del diseño de la red serán generados exclusivamente por la manera en que pretendemos satisfacer las necesidades de los usuarios, es decir, únicamente se tomará en cuenta la ubicación de los nodos, los equipos a utilizar y el medio de transmisión. Las características de este proceso serán expuestas a detalle en los apartados siguientes.

4.3 Tipos de Información Médica

La información a transmitir a través de la red está conformada principalmente por datos e imágenes, aunque la mayor parte de la información puede ser generada por éstas últimas, ya que se requiere de una gran cantidad de *bytes* para almacenarlas debido al elevado número de píxeles en que se divide una imagen digitalizada.

Los datos están constituidos principalmente por historias clínicas, las cuales contienen los antecedentes y el seguimiento de los padecimientos del paciente; reportes médicos sobre el estado de algún enfermo, o bien, información general sobre temas de interés para los médicos usuarios. Esta información puede estar almacenada en un servidor ubicado en cualquier punto de la red, destinado a contener este tipo de datos.

Generalmente los datos no requieren de cantidades excesivas de *bytes* para ser almacenados, sin embargo, la cantidad de información de este tipo dependerá principalmente del número de historias, reportes o de la información en general que se desee almacenar y/o transmitir.

La cantidad de imágenes que puedan tenerse depende del tipo de estudios que se realicen al paciente. Estos estudios pueden ser radiografías, tomografía, resonancias magnéticas, imágenes de medicina nuclear y ultrasonidos, principalmente. Cada estudio puede generar un número *n* de imágenes, las cuales son obtenidas basándose en las diferentes densidades de los tejidos del cuerpo que pueden ser captadas mediante el empleo de rayos X, rayos gamma, ondas sonoras o empleando medios de contraste elaborados con materiales radioactivos.

En la actualidad, los equipos empleados para elaborar todos estos estudios (excepto las radiografías), digitalizan las imágenes de manera automática en el mismo momento en que son generadas, es decir, están diseñados especialmente para presentar las imágenes obtenidas en el monitor de una computadora, o bien, guardarlas en medios masivos de información como discos o cintas magnéticos, *Hard Disc* (disco duro), CDs (*Compact Disc*-Discos Compactos), etc. Esta característica permite que dichas imágenes puedan ser transmitidas a través de la red sin necesidad de emplear un método o mecanismo adicional para digitalizarlas.

En el caso de las radiografías, debido al proceso empleado para su obtención (el paciente se encuentra expuesto a la emisión de rayos X, los cuales atraviesan su cuerpo y rebotan en una placa fotográfica dejando huellas del impacto en diferentes tonos de gris), no es posible digitalizar la imagen mientras ésta es generada, sin embargo, una vez que la radiografía ha sido obtenida, la placa correspondiente se introduce en un *scanner* diseñado especialmente para digitalizar las figuras obtenidas y almacenarlas en medios como los que se han mencionado. Gracias a esto, el envío o almacenamiento de este tipo de estudios a través de la red, es perfectamente realizable.

Se contemplan casos en los cuales el paciente debe estar ingiriendo una solución o medio de contraste durante el proceso de estudio que consiste precisamente en observar el paso de la solución a través del organismo; este proceso genera imágenes en movimiento que son grabadas en cintas de video, las cuales sólo pueden ser reproducidas mediante una videograbadora especial. El problema de este caso particular, es que *Frame Relay* por si solo no funciona de manera óptima en el manejo de video pues necesitaría adaptaciones de equipo especial para permitir la transmisión de video a través de la red, lo cual implicaría un gasto extra. Sin embargo, gracias a la tecnología con la cual están contruidos los aparatos destinados a elaborar este tipo de estudios, es posible adaptar una cámara fotográfica (la mayoría de los equipos ya la tienen integrada) que permite tomar hasta 20 placas por segundo del proceso y digitalizarlas, con lo cual se resuelve el problema de manera satisfactoria, ya que aunque no se tiene la copia fiel del estudio, si es posible contar con una aproximación bastante confiable del mismo.

Existe también estudios que generan otros tipos de información visual que también son dignos de consideración para su posible almacenamiento o transmisión a través de la red como los electrocardiogramas, electroencefalogramas, audiometrías, espirometrías, electromiografías, etc., los cuales están considerados dentro del grupo de estudios denominados "de gabinete", al igual que las biometrías o campimetrías entre otros.

4.3.1 Redes con Equipos Médicos

Entre las compañías más importantes dedicadas a la fabricación y distribución de equipos médicos empleados para realizar los estudios que generan información visual, son: General Electric, Hewlett Packard, Phillips, SIEMENS, entre otros; sin embargo, no existe ningún problema en conectar todos estos equipos mediante una red interna en un hospital, ya que como se ha mencionado con anterioridad, todos éstos están diseñados pensando en la posibilidad de conectarlos a una estación de trabajo (*Workstation*) con base en la facilidad de manejo de la información que proporciona un sistema de este tipo. En la figura 4.1 se muestra un ejemplo de interconexión de equipos médicos a nivel local.

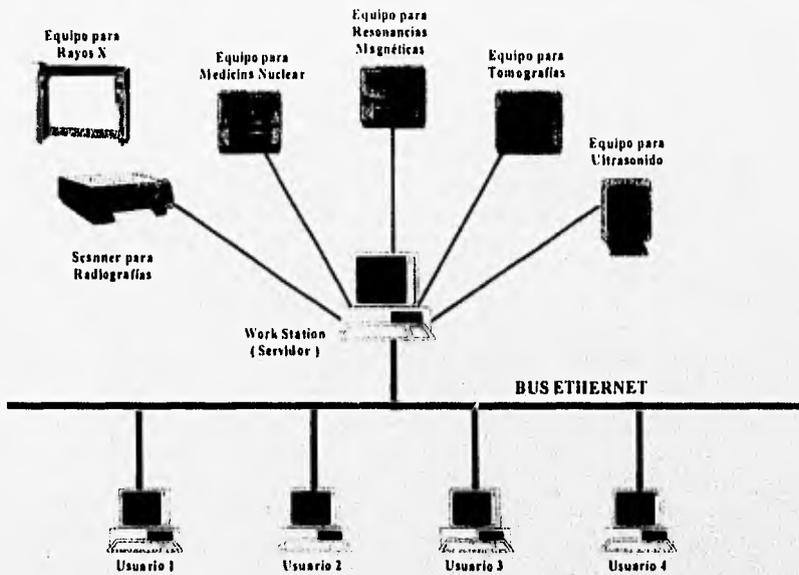


Fig. 4.1 Red de Interconexión de Equipo Médico.

Como puede apreciarse en la figura anterior, los equipos se encuentran conectados directamente a una *workstation*, que es el lugar destinado a almacenar toda la información que se genera, tanto de los equipos anteriores como la que deseen introducir los usuarios, que también se encuentran conectados a ella. Existen diferentes topologías de interconexión para redes de área local, una de las empleadas debido a la facilidad de manejo que ofrece es Ethernet, sin embargo, no existen restricciones para emplear cualquier otra, salvo las que el hospital interesado exponga.

Dentro de un hospital, las áreas con mayor necesidad de integrarse a la red son: la unidad de cuidados intensivos, el departamento de imágenes médicas, la administración del hospital y los sistemas de información propios de él, sin embargo, son factibles de integración todas las áreas de especialidades, el laboratorio de análisis clínico, los centros de investigación y también el área de medicina general.

4.4 Topología de la Red

La topología de la red nos da una idea general sobre la ubicación y la forma de interconexión de los nodos que forman parte de la red, es por esto que antes de establecerla es necesario definir cómo estará organizada nuestra red.

Decidimos denominar Red Primaria o *Backbone*, a la conformada por los tres nodos principales con sus respectivas conexiones, y Red Secundaria, a cada nodo principal con sus nodos secundarios (hospitales). Para la red primaria, la topología establecida es una topología de malla ya que ésta permitirá una conexión directa de cada uno de los nodos principales con los otros dos, de esta manera, si alguno de los nodos falla, la comunicación entre los otros dos no se verá interrumpida, tal y como se muestra en la figura 4.2.

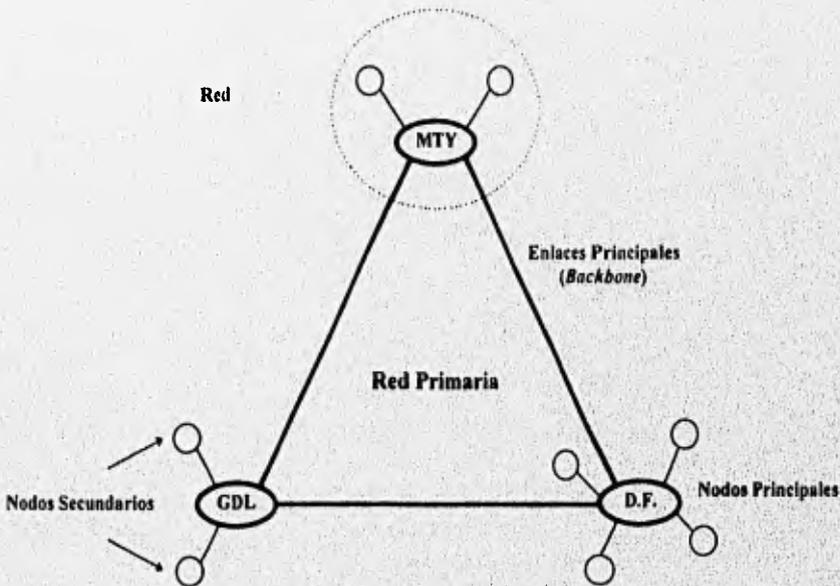


Fig. 4.2 Topología de la Red.

Para la red secundaria se ha establecido una topología de estrella, la cual se muestra también en la figura 4.2, en la que el núcleo es nodo principal.

4.5 Arquitectura de la Red

Antes de describir la arquitectura de la red es conveniente mencionar la cantidad de hospitales y usuarios que la integran con el objeto de definir la extensión de la misma. Para establecer este número, hemos considerado la importancia del trabajo que se realiza en cada uno de éstos, su extensión y sus posibilidades económicas. Por otro lado, para establecer el número de usuarios por hospital, tomamos en cuenta las áreas en las cuales se tiene necesidad de contar con una terminal conectada a la red. Este número está en función de las necesidades de cada centro de salud.

Con base en lo anterior, en la tabla 4.1 se muestra el número de usuarios propuesto para desarrollar este diseño.

Red Primaria

La red primaria está formada por los tres nodos principales y sus respectivos enlaces. en cada nodo principal, como ya se había mencionado, se encuentra un *switch Frame Relay*, que dará servicio a los hospitales de cada una de las ciudades. El centro de administración principal de la red estará ubicado en nodo del D. F., los dos restantes (en Guadalajara y Monterrey) servirán como respaldo por si éste llega a fallar o como soporte si el crecimiento de la red genera tantas funciones que resulte impráctica la administración en un solo punto. En la figura 4.3 se ilustran los elementos que integran la red primaria.

Ciudad	No. de Hospital	No. de Usuarios por Hospital
Distrito Federal	1	5
	2*	10
	3*	15
	4	7
	5*	20
	6*	13
	7	5
	8	6
	9*	12
	10	7
Guadalajara	11*	15
	12	6
	13	5
	14	5
	15*	15
	16*	10
Monterrey	17	6
	18*	10
	19*	12
	20*	10
Total	20 hospitales	194 usuarios

* Estos hospitales cuentan con equipo médico especializado para la realización de estudios que generan imágenes (información visual).

Tabla 4.1 Número de Hospitales y Usuarios.



Fig. 4.3 Arquitectura de la Red Primaria.

- **Switch Frame Relay (FRS)**

El *switch Frame Relay* realiza tres funciones básicas:

1. Establece los *PLL's* (*Permanent Logical Link*; Enlace Lógico Permanente) establecidos para interconexión de usuarios.
2. Administrar y controlar el ancho de banda asignando a cada hospital (manejo de ancho de banda dinámico).
3. Enruta la información a través de los *PLL's* correspondientes.

En los párrafos siguientes se describen algunas características importantes que permitirán comprender la manera en que el *switch* realiza las funciones antes mencionadas.

Cada hospital tendrá asignado un puerto del FRS el cual servirá como punto de acceso con los hospitales que se desee tener comunicación. Cada puerto tiene la posibilidad de asignar hasta 1024 *DLCI's* (*Data Link Connection Identifier*; Identificador de Conexión del Enlace de Datos) que son los puntos entre los cuales se establecerán los enlaces (este número puede variar según las características de fabricación de cada switch). Los 16

primeros DLCI's de cada puerto están reservados para uso propio del equipo y el DLCI 1024 es empleado para transmisión de control, por consiguiente, el número disponible de DLCI's es de 1007 comenzando por el DLCI 17.

El número de PLL's establecidos estará en función de la cantidad de hospitales con los que se desee establecer comunicación. Un PLL, también conocido como *PVC* (*Permanent Virtual Circuit*; Circuito Virtual Permanente), es el enlace lógico establecido mediante *software* que permite la comunicación entre usuarios. Por ejemplo, como se muestra en la figura 4.4, si el hospital 1 desea tener comunicación con los hospitales 2 y 3, deberán definirse dos PLL, el PLL 1-2 y el PLL 1-3. Para cada PLL es necesario emplear dos DLCI, uno como identificador de conexión del punto inicial 1 y otro como identificador de conexión del punto final 2 ó 3. Los PLL que serán empleados por los usuarios, se encuentran definidos dentro del FRS (*Frame Relay Switch*).

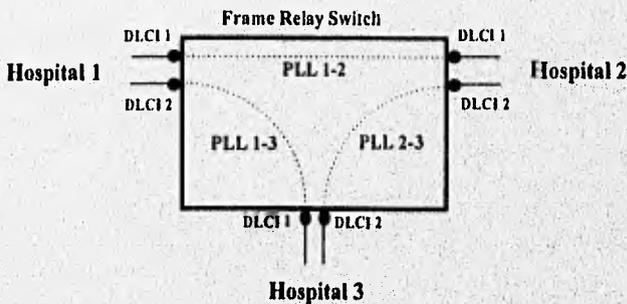


Fig 4.4. Frame Relay Switch FRS.

Cuando se transmite información de un hospital a otro, primeramente ésta llega al *router* (cuyas funciones serán descritas posteriormente con mayor detalle), el cual se encarga de distinguir las direcciones de los puntos de origen y destino de la información para indicar al FRS cuáles son los DLCI's definidos para el enlace entre los puntos

involucrados. Una vez que el FRS reconoce los DLCI's envía la información a través del PLL correspondiente a su lugar de destino.

Ancho de Banda Dinámico

Frame Relay ofrece la ventaja de manejar un ancho de banda dinámico, lo cual implica que una vez que se ha asignado un ancho de banda para cada hospital, éste se distribuirá entre los PLL's que hayan sido establecidos para la comunicación, es decir, si un hospital tiene asignados cuatro PLL's y un ancho de banda de 512 kbps, cuando los cuatro canales de comunicación estén operando de la misma manera, el ancho de banda se repartirá uniformemente entre éstos, asumiendo que cada uno podrá transmitir con un ancho de banda de 128 kbps. Si por el contrario, uno de los cuatro canales, está transmitiendo o recibiendo una cantidad mayor de información que los otros tres, a éste le será otorgado un ancho de banda mayor, por ejemplo, 320 kbps para el canal de mayor demanda y 64 kbps para cada uno de los restantes. Este proceso se realizará con base en los parámetros de servicio que caracterizan a los PLL's y que serán definidos posteriormente. Cabe aclarar, que el ancho de banda asignado a cada hospital será el que podrán repartirse los canales de comunicación, ya que de ninguna manera se podrá tomar parte del ancho de banda asignado a otro hospital.

El criterio a seguir para asignar el ancho de banda a cada hospital debe contemplar la cantidad de información que se desee transmitir. Para este efecto es necesario tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

1. El ancho de banda debe ser lo suficientemente grande para soportar la transmisión de imágenes, ya que son éstas las que generan la mayor parte de la información.
2. Para hacer una asignación adecuada de ancho de banda se tomarán en cuenta los siguientes datos: las imágenes generadas por una radiografía o por un ultrasonido, en los cuales solo se manejan diferentes tonos de gris, generan archivos de entre 400 y 600 kbytes. Por el contrario, en las imágenes generadas por tomografías, resonancias

magnéticas o estudios de medicina nuclear, en donde se manejan diferentes colores, se pueden generar archivos hasta de 1.2 Mbytes en promedio.

Con base en pruebas realizadas con proveedores de equipo Frame Relay, obtuvimos los siguientes datos: un archivo de aproximadamente 2.3 Mbytes, puede ser transmitido por un canal de 64 kbps de ancho de banda en un tiempo de 2.5 minutos. Este mismo archivo, es transmitido en 1.5 minutos a través de un canal de 128 kbps de ancho de banda. Estos parámetros también servirán como referencia para considerar el ancho de banda que puede ser requerido en un momento dado por un PLL (canal de transmisión).

3. Con base en lo anterior, se puede observar que el ancho de banda que sea asignado a cada hospital también dependerá del número de PLL's que sean definidos para cada uno de éstos.

- **Parámetros de Servicio**

Dentro de la configuración necesaria para la operación de los enlaces *Frame Relay*, es necesario definir los siguientes parámetros:

CIR *Committed Information Rate* [kbps]. Este parámetro indica la cantidad mínima de información que está comprometida a entregarse bajo condiciones normales de operación a través del canal destinado a la transmisión, es decir, si un hospital, con un ancho de banda establecido, cuenta con un cierto número de PLL's, el ancho de banda podrá repartirse entre éstos de la manera mencionada anteriormente, sin embargo, se establecerá un CIR, que determinará el ancho de banda mínimo con que puede operar un PLL, de esta manera se garantiza que cuando un canal se encuentre trabajando con todos sus PLL's, la transmisión de información no se realizará por debajo de este parámetro.

Es importante mencionar que la suma de los CIR's de todos los PLL's configurados no debe rebasar el ancho de banda físico contratado para el enlace.

Considerando que un PLL puede ser establecido entre dos hospitales que no poseen el mismo ancho de banda, el PLL contará con un CIR_{fwd} (hacia adelante o de ida), correspondiente al punto de origen de la transmisión y un CIR_{bwd} (hacia atrás o de regreso), correspondiente al punto de destino de la transmisión. Por ejemplo: si se establece un PLL entre los hospitales 1 y 2, con un ancho de banda de 256 kbps y 64 kbps y un CIR de 64 kbps y 32 kbps respectivamente, cuando la transmisión ocurra del punto 1 al punto 2, el CIR_{fwd} será de 64 kbps y el CIR_{bwd} de 32 kbps. Por el contrario, si la transmisión ocurre del punto 2 al punto 1, el CIR_{fwd} será de 32 kbps y el CIR_{bwd} de 64 kbps.

Be Committed Burst Size [kb]. El Be es la cantidad máxima de datos que el circuito puede transmitir bajo condiciones normales de operación.

Be Excess Burst Size [kb]. Es la cantidad de datos excedida, a partir del Be, que cada circuito intentará transmitir sin comprometerse a entregarla, pues intentará hacer uso del ancho de banda que se encuentre disponible para transmitir más información o para hacer más rápida la transmisión. Si no logra este propósito, el PLL seguirá ocupando su ancho de banda, sólo que la transmisión se volverá lenta. En la figura 4.6 se muestra una gráfica que permite obtener una idea más clara sobre los parámetros de servicio.

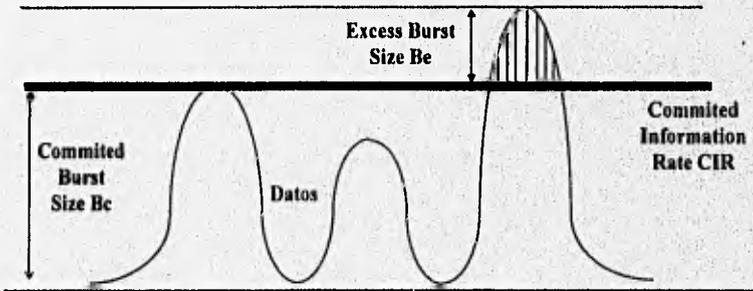


Fig. 4.3 Parámetros de Servicio de los PLL.

Para realizar la asignación de PLL's hemos considerado que aquéllos hospitales que no cuentan con equipo médico que genera información visual, desean establecer comunicación con aquéllos que si lo tienen, ya que de esta manera, cuenta con la posibilidad de remitir a sus pacientes a alguno de estos centros de salud para que se le practiquen estudios requeridos. En estos casos los hospitales que no cuentan con equipo especializado tendrán definidos PLL's con los hospitales que cuentan con esta ventaja dentro de su ciudad, mientras que los hospitales que cuentan con este tipo de equipo, tendrán canales de comunicación con hospitales similares independientemente de la ciudad en la que se encuentren.

En las tablas siguientes se muestra la designación de PLL's para los hospitales presentes, así como sus parámetros característicos y también la asignación de los anchos de banda para cada hospital.

Hospital de Origen	DLCI del Puerto del Hospital de Origen	Hospital Destino	DLCI del Puerto del Hospital de Destino
1	17 ⁽¹⁾	2	17 ⁽¹⁾
	18 ⁽¹⁾	3	17 ⁽¹⁾
	19 ⁽¹⁾	5	17 ⁽¹⁾
	20 ⁽¹⁾	6	17 ⁽¹⁾
	21 ⁽¹⁾	9	17 ⁽¹⁾
Total:	5 PLL's		
Ancho de Banda:	512 kbps		
Be:	384 kb		
Bc:	32 kb		
CIR:	32 kbps		
Observaciones:	Todos los PLL's tienen las mismas características.		

Tabla 4.2 Asignación de PLL's para el Hospital 1.

Hospital de Origen	DLCI del Puerto del Hospital de Origen	DLCI del Puerto Asignado para el Salto del Hospital de Origen	DLCI del Puerto Asignado para el Salto hacia el Hospital de Destino	Hospital Destino	DLCI del Puerto del Hospital de Destino
2	17 ⁽¹⁾			1	17 ⁽¹⁾
	18 ⁽¹⁾			3	18 ⁽¹⁾
	19 ⁽¹⁾			4	17 ⁽¹⁾
	20 ⁽¹⁾			5	18 ⁽¹⁾
	21 ⁽¹⁾			6	18 ⁽¹⁾
	22 ⁽¹⁾			7	17 ⁽¹⁾
	23 ⁽¹⁾			8	17 ⁽¹⁾
	24 ⁽¹⁾			9	18 ⁽¹⁾
	25 ⁽¹⁾			10	17 ⁽¹⁾
	26 ⁽¹⁾	17 ⁽¹⁾	17 ⁽²⁾	11	17 ⁽²⁾
	27 ⁽¹⁾	18 ⁽¹⁾	18 ⁽²⁾	15	17 ⁽²⁾
	28 ⁽¹⁾	19 ⁽¹⁾	19 ⁽²⁾	16	17 ⁽²⁾
	29 ⁽¹⁾	20 ⁽¹⁾	17 ⁽²⁾	18	17 ⁽¹⁾
	30 ⁽¹⁾	21 ⁽¹⁾	18 ⁽²⁾	19	17 ⁽²⁾
	31 ⁽¹⁾	22 ⁽¹⁾	19 ⁽²⁾	20	17 ⁽²⁾
Total:	15 PLL's				
Ancho de Banda:	1.92 Mbps				
Be:	1.024 Mb				
Bc:	64 kb				
CIR:	64 kbps				
Observaciones:	Todos los PLL's tienen las mismas características.				

Tabla 4.3 Asignación de PLL's para el Hospital 2.

Hospital de Origen	DLCI del Puerto del Hospital de Origen	DLCI del Puerto Asignado para el Salto del Hospital de Origen	DLCI del Puerto Asignado para el Salto hacia el Hospital de Destino	Hospital Destino	DLCI del Puerto del Hospital de Destino
3	17 ⁽¹⁾			1	18 ⁽¹⁾
	18 ⁽¹⁾			2	18 ⁽¹⁾
	19 ⁽¹⁾			4	18 ⁽¹⁾
	20 ⁽¹⁾			5	19 ⁽¹⁾
	21 ⁽¹⁾			6	19 ⁽¹⁾
	22 ⁽¹⁾			7	18 ⁽¹⁾
	23 ⁽¹⁾			8	18 ⁽¹⁾
	24 ⁽¹⁾			9	19 ⁽¹⁾
	25 ⁽¹⁾			10	18 ⁽¹⁾
	26 ⁽¹⁾	23 ⁽¹⁾	20 ⁽⁴⁾	11	18 ⁽¹⁾
	27 ⁽¹⁾	24 ⁽¹⁾	21 ⁽¹⁾	15	18 ⁽¹⁾
	28 ⁽¹⁾	25 ⁽¹⁾	22 ⁽¹⁾	16	18 ⁽¹⁾
	29 ⁽¹⁾	26 ⁽¹⁾	20 ⁽¹⁾	18	18 ⁽¹⁾
	30 ⁽¹⁾	27 ⁽¹⁾	21 ⁽¹⁾	19	18 ⁽¹⁾
	31 ⁽¹⁾	28 ⁽¹⁾	22 ⁽¹⁾	20	18 ⁽¹⁾
Total:	15 PLL's				
Ancho de Banda:	1.92 Mbps				
Be:	1.024 Mb				
Bc:	64 kb				
CIR:	64 kbps				
Observaciones:	Todos los PLL's tienen las mismas características.				

Tabla 4.4 Asignación de PLL's para el Hospital 3.

Hospital de Origen	DLCI del Puerto del Hospital de Origen	Hospital Destino	DLCI del Puerto del Hospital de Destino
4	17 ⁽¹⁾	2	19 ⁽¹⁾
	18 ⁽¹⁾	3	19 ⁽¹⁾
	19 ⁽¹⁾	5	20 ⁽¹⁾
	20 ⁽¹⁾	6	20 ⁽¹⁾
	21 ⁽¹⁾	9	20 ⁽¹⁾
Total:	5 PLL's		
Ancho de Banda:	640 kbps		
Be:	384 kb		
Bc:	64 kb		
CIR:	64 kbps		
Observaciones:	Todos los PLL's tienen las mismas características.		

Tabla 4.5 Asignación de PLL's para el Hospital 4.

Hospital de Origen	DLCI del Puerto del Hospital de Origen	DLCI del Puerto Asignado para el Salto del Hospital de Origen	DLCI del Puerto Asignado para el Salto hacia el Hospital de Destino	Hospital Destino	DLCI del Puerto del Hospital de Destino
5	17 ⁽¹⁾			1	19 ⁽¹⁾
	18 ⁽¹⁾			2	20 ⁽¹⁾
	19 ⁽¹⁾			3	20 ⁽¹⁾
	20 ⁽¹⁾			4	19 ⁽¹⁾
	21 ⁽¹⁾			6	21 ⁽¹⁾
	22 ⁽¹⁾			7	19 ⁽¹⁾
	23 ⁽¹⁾			8	19 ⁽¹⁾
	24 ⁽¹⁾			9	21 ⁽¹⁾
	25 ⁽¹⁾			10	19 ⁽¹⁾
	26 ⁽¹⁾	29 ⁽¹⁾	23 ⁽²⁾	11	19 ⁽¹⁾
	27 ⁽¹⁾	30 ⁽¹⁾	24 ⁽²⁾	15	19 ⁽²⁾
	28 ⁽¹⁾	31 ⁽¹⁾	25 ⁽²⁾	16	19 ⁽²⁾
	29 ⁽¹⁾	32 ⁽¹⁾	23 ⁽³⁾	18	19 ⁽³⁾
	30 ⁽¹⁾	33 ⁽¹⁾	24 ⁽³⁾	19	19 ⁽³⁾
	31 ⁽¹⁾	34 ⁽¹⁾	25 ⁽¹⁾	20	19 ⁽¹⁾
Total:	15 PLL's				
Ancho de Banda:	2.176 Mbps				
Be:	916 kb				
Bc:	90 kb				
CIR:	90 kbps				
Observaciones:	Todos los PLL's tienen las mismas características.				

Tabla 4.6 Asignación de PLL's para el Hospital 5.

Hospital de Origen	DLCI del Puerto del Hospital de Origen	DLCI del Puerto Asignado para el Salto del Hospital de Origen	DLCI del Puerto Asignado para el Salto hacia el Hospital de Destino	Hospital Destino	DLCI del Puerto del Hospital de Destino
6	17 ⁽¹⁾			1	20 ⁽¹⁾
	18 ⁽¹⁾			2	21 ⁽¹⁾
	19 ⁽¹⁾			3	21 ⁽¹⁾
	20 ⁽¹⁾			4	20 ⁽¹⁾
	21 ⁽¹⁾			5	21 ⁽¹⁾
	22 ⁽¹⁾			7	20 ⁽¹⁾
	23 ⁽¹⁾			8	20 ⁽¹⁾
	24 ⁽¹⁾			9	22 ⁽¹⁾
	25 ⁽¹⁾			10	20 ⁽¹⁾
	26 ⁽¹⁾	35 ⁽¹⁾	26 ⁽¹⁾	11	20 ⁽¹⁾
	27 ⁽¹⁾	36 ⁽¹⁾	27 ⁽¹⁾	15	20 ⁽¹⁾
	28 ⁽¹⁾	37 ⁽¹⁾	28 ⁽¹⁾	16	20 ⁽¹⁾
	29 ⁽¹⁾	38 ⁽¹⁾	26 ⁽¹⁾	18	20 ⁽¹⁾
	30 ⁽¹⁾	39 ⁽¹⁾	27 ⁽¹⁾	19	20 ⁽¹⁾
	31 ⁽¹⁾	40 ⁽¹⁾	28 ⁽¹⁾	20	20 ⁽¹⁾
Total:	15 PLL's				
Ancho de Banda:	1.92 Mbps				
Bc:	1.024 Mb				
Bc:	64 kb				
CIR:	64 kbps				
Observaciones:	Todos los PLL's tienen las mismas características.				

Tabla 4.7 Asignación de PLL's para el Hospital 6.

Hospital de Origen	DLCI del Puerto del Hospital de Origen	Hospital Destino	DLCI del Puerto del Hospital de Destino
7	17 ⁽¹⁾	2	22 ⁽¹⁾
	18 ⁽¹⁾	3	22 ⁽¹⁾
	19 ⁽¹⁾	5	22 ⁽¹⁾
	20 ⁽¹⁾	6	22 ⁽¹⁾
	21 ⁽¹⁾	9	23 ⁽¹⁾
Total:	5 PLL's		
Ancho de Banda:	512 kbps		
Bc:	384 kb		
Bc:	32 kb		
CIR:	32 kbps		
Observaciones:	Todos los PLL's tienen las mismas características.		

Tabla 4.8 Asignación de PLL's para el Hospital 7.

Hospital de Origen	DLCI del Puerto del Hospital de Origen	Hospital Destino	DLCI del Puerto del Hospital de Destino
8	17 ⁽¹⁾	2	23 ⁽¹⁾
	18 ⁽¹⁾	3	23 ⁽¹⁾
	19 ⁽¹⁾	5	23 ⁽¹⁾
	20 ⁽¹⁾	6	23 ⁽¹⁾
	21 ⁽¹⁾	9	24 ⁽¹⁾
Total:	5 PLL's		
Ancho de Banda:	512 kbps		
Be:	384 kb		
Bc:	32 kb		
CIR:	32 kbps		
Observaciones:	Todos los PLL's tienen las mismas características.		

Tabla 4.9 Asignación de PLL's para el Hospital 8.

Hospital de Origen	DLCI del Puerto del Hospital de Origen	DLCI del Puerto Asignado para el Salto del Hospital de Origen	DLCI del Puerto Asignado para el Salto hacia el Hospital de Destino	Hospital Destino	DLCI del Puerto del Hospital de Destino
9	17 ⁽¹⁾			1	21 ⁽¹⁾
	18 ⁽¹⁾			2	24 ⁽¹⁾
	19 ⁽¹⁾			3	24 ⁽¹⁾
	20 ⁽¹⁾			4	21 ⁽¹⁾
	21 ⁽¹⁾			5	24 ⁽¹⁾
	22 ⁽¹⁾			6	24 ⁽¹⁾
	23 ⁽¹⁾			7	21 ⁽¹⁾
	24 ⁽¹⁾			8	21 ⁽¹⁾
	25 ⁽¹⁾			10	21 ⁽¹⁾
	26 ⁽¹⁾	41 ⁽¹⁾	29 ⁽²⁾	11	21 ⁽²⁾
	27 ⁽¹⁾	42 ⁽¹⁾	30 ⁽²⁾	15	21 ⁽²⁾
	28 ⁽¹⁾	43 ⁽¹⁾	31 ⁽²⁾	16	21 ⁽²⁾
	29 ⁽¹⁾	44 ⁽¹⁾	29 ⁽²⁾	18	21 ⁽²⁾
	30 ⁽¹⁾	45 ⁽¹⁾	30 ⁽²⁾	19	21 ⁽²⁾
	31 ⁽¹⁾	46 ⁽¹⁾	31 ⁽²⁾	20	21 ⁽²⁾
Total:	15 PLL's				
Ancho de Banda:	1.92 Mbps				
Be:	1.024 Mb				
Bc:	64 kb				
CIR:	64 kbps				
Observaciones:	Todos los PLL's tienen las mismas características.				

Tabla 4.10 Asignación de PLL's para el Hospital 9.

Hospital de Origen	DLCI del Puerto del Hospital de Origen	Hospital Destino	DLCI del Puerto del Hospital de Destino
10	17 ⁽¹⁾	2	25 ⁽¹⁾
	18 ⁽¹⁾	3	25 ⁽¹⁾
	19 ⁽¹⁾	5	25 ⁽¹⁾
	20 ⁽¹⁾	6	25 ⁽¹⁾
	21 ⁽¹⁾	9	25 ⁽¹⁾
Total:	5 PLL's		
Ancho de Banda:	640 kbps		
Be:	384 kb		
Bc:	64 kb		
CIR:	64 kbps		
Observaciones:	Todos los PLL's tienen las mismas características.		

Tabla 4.11 Asignación de PLL's para el Hospital 10.

Hospital de Origen	DLCI del Puerto del Hospital de Origen	DLCI del Puerto Asignado para el Salto del Hospital de Origen	DLCI del Puerto Asignado para el Salto hacia el Hospital de Destino	Hospital Destino	DLCI del Puerto del Hospital de Destino
11	17 ⁽²⁾	17 ⁽²⁾	17 ⁽¹⁾	2	26 ⁽¹⁾
	18 ⁽²⁾	20 ⁽²⁾	23 ⁽¹⁾	3	26 ⁽¹⁾
	19 ⁽²⁾	23 ⁽²⁾	29 ⁽¹⁾	5	26 ⁽¹⁾
	20 ⁽²⁾	26 ⁽²⁾	35 ⁽¹⁾	6	26 ⁽¹⁾
	21 ⁽²⁾	29 ⁽²⁾	41 ⁽¹⁾	9	26 ⁽¹⁾
	22 ⁽²⁾			12	17 ⁽²⁾
	23 ⁽²⁾			13	17 ⁽²⁾
	24 ⁽²⁾			14	17 ⁽²⁾
	25 ⁽²⁾			15	22 ⁽²⁾
	26 ⁽²⁾			16	22 ⁽²⁾
	27 ⁽²⁾	32 ⁽²⁾	32 ⁽³⁾	18	22 ⁽²⁾
	28 ⁽²⁾	33 ⁽²⁾	33 ⁽³⁾	19	22 ⁽²⁾
	29 ⁽²⁾	34 ⁽²⁾	34 ⁽³⁾	20	22 ⁽²⁾
Total:	13 PLL's				
Ancho de Banda:	1.664 Mbps				
Be:	896 kb				
Bc:	64 kb				
CIR:	64 kbps				
Observaciones:	Todos los PLL's tienen las mismas características.				

Tabla 4.12 Asignación de PLL's para el Hospital 11.

Hospital de Origen	DLCI del Puerto del Hospital de Origen	Hospital Destino	DLCI del Puerto del Hospital de Destino
12	17 ⁽²⁾	11	22 ⁽²⁾
	18 ⁽²⁾	15	23 ⁽²⁾
	19 ⁽²⁾	16	23 ⁽²⁾
Total:	3 PLL's		
Ancho de Banda:	512 kbps		
Be:	332 kb		
Bc:	90 kb		
CIR:	90 kbps		
Observaciones:	Todas los PLL's tienen las mismas características.		

Tabla 4.13 Asignación de PLL's para el Hospital 12.

Hospital de Origen	DLCI del Puerto del Hospital de Origen	Hospital Destino	DLCI del Puerto del Hospital de Destino
13	17 ⁽²⁾	11	23 ⁽²⁾
	18 ⁽²⁾	15	24 ⁽²⁾
	19 ⁽²⁾	16	24 ⁽²⁾
Total:	3 PLL's		
Ancho de Banda:	384 kbps		
Be:	256 kb		
Bc:	64 kb		
CIR:	64 kbps		
Observaciones:	Todos los PLL's tienen las mismas características.		

Tabla 4.14 Asignación de PLL's para el Hospital 13.

Hospital de Origen	DLCI del Puerto del Hospital de Origen	Hospital Destino	DLCI del Puerto del Hospital de Destino
14	17 ⁽²⁾	11	24 ⁽²⁾
	18 ⁽²⁾	15	25 ⁽²⁾
	19 ⁽²⁾	16	25 ⁽²⁾
Total:	3 PLL's		
Ancho de Banda:	384 kbps		
Be:	256 kb		
Bc:	64 kb		
CIR:	64 kbps		
Observaciones:	Todos los PLL's tienen las mismas características.		

Tabla 4.15 Asignación de PLL's para el Hospital 14.

Hospital de Origen	DLCI del Puerto del Hospital de Origen	DLCI del Puerto Asignado para el Salto del Hospital de Origen	DLCI del Puerto Asignado para el Salto hacia el Hospital de Destino	Hospital Destino	DLCI del Puerto del Hospital de Destino
15	17 ⁽²⁾	18 ⁽²⁾	18 ⁽¹⁾	2	27 ⁽¹⁾
	18 ⁽²⁾	21 ⁽²⁾	24 ⁽¹⁾	3	27 ⁽¹⁾
	19 ⁽²⁾	24 ⁽²⁾	30 ⁽¹⁾	5	27 ⁽¹⁾
	20 ⁽²⁾	27 ⁽²⁾	36 ⁽¹⁾	6	27 ⁽¹⁾
	21 ⁽²⁾	30 ⁽²⁾	42 ⁽¹⁾	9	27 ⁽¹⁾
	22 ⁽²⁾			11	25 ⁽²⁾
	23 ⁽²⁾			12	18 ⁽²⁾
	24 ⁽²⁾			13	18 ⁽²⁾
	25 ⁽²⁾			14	18 ⁽²⁾
	26 ⁽²⁾			16	26 ⁽²⁾
	27 ⁽²⁾	35 ⁽²⁾	35 ⁽²⁾	18	23 ⁽²⁾
	28 ⁽²⁾	36 ⁽²⁾	36 ⁽²⁾	19	23 ⁽²⁾
	29 ⁽²⁾	37 ⁽²⁾	37 ⁽²⁾	20	23 ⁽²⁾
Total:	13 PLL's				
Ancho de Banda:	1.664 Mbps				
Be:	896 kb				
Bc:	64 kb				
CIR:	64 kbps				
Observaciones:	Todos los PLL's tienen las mismas características.				

Tabla 4.16 Asignación de PLL's para el Hospital 15.

Hospital de Origen	DLCI del Puerto del Hospital de Origen	DLCI del Puerto Asignado para el Salto del Hospital de Origen	DLCI del Puerto Asignado para el Salto hacia el Hospital de Destino	Hospital Destino	DLCI del Puerto del Hospital de Destino
16	17 ⁽¹⁾	19 ⁽²⁾	19 ⁽¹⁾	2	28 ⁽¹⁾
	18 ⁽²⁾	22 ⁽¹⁾	25 ⁽¹⁾	3	28 ⁽¹⁾
	19 ⁽¹⁾	25 ⁽²⁾	31 ⁽¹⁾	5	28 ⁽¹⁾
	20 ⁽²⁾	28 ⁽²⁾	37 ⁽¹⁾	6	28 ⁽¹⁾
	21 ⁽²⁾	31 ⁽²⁾	43 ⁽¹⁾	9	28 ⁽¹⁾
	22 ⁽²⁾			11	26 ⁽²⁾
	23 ⁽²⁾			12	19 ⁽²⁾
	24 ⁽¹⁾			13	19 ⁽²⁾
	25 ⁽²⁾			14	19 ⁽²⁾
	26 ⁽²⁾			15	26 ⁽²⁾
	27 ⁽²⁾	38 ⁽¹⁾	38 ⁽²⁾	18	24 ⁽³⁾
	28 ⁽²⁾	39 ⁽²⁾	39 ⁽²⁾	19	24 ⁽³⁾
	29 ⁽²⁾	40 ⁽²⁾	40 ⁽²⁾	20	24 ⁽³⁾
Total:	13 PLL's				
Ancho de Banda:	1.536 Mbps				
Be:	768 kb				
Bc:	64 kb				
CIR:	64 kbps				
Observaciones:	Todos los PLL's tienen las mismas características.				

Tabla 4.17 Asignación de PLL's para el Hospital 16.

Hospital de Origen	DLCI del Puerto del Hospital de Origen	Hospital Destino	DLCI del Puerto del Hospital de Destino
17	17 ⁽¹⁾	18	25 ⁽²⁾
	18 ⁽²⁾	19	25 ⁽²⁾
	19 ⁽³⁾	20	25 ⁽²⁾
Total:	3 PLL's		
Ancho de Banda:	512 kbps		
Be:	332 kb		
Bc:	90 kb		
CIR:	90 kbps		
Observaciones:	Todos los PLL's tienen las mismas características.		

Tabla 4.18 Asignación de PLL's para el Hospital 17.

Hospital de Origen	DLCI del Puerto del Hospital de Origen	DLCI del Puerto Asignado para el Salto del Hospital de Origen	DLCI del Puerto Asignado para el Salto hacia el Hospital de Destino	Hospital Destino	DLCI del Puerto del Hospital de Destino
18	17 ⁽¹⁾	17 ⁽¹⁾	20 ⁽¹⁾	2	29 ⁽¹⁾
	18 ⁽¹⁾	20 ⁽¹⁾	26 ⁽¹⁾	3	29 ⁽¹⁾
	19 ⁽¹⁾	23 ⁽¹⁾	32 ⁽¹⁾	5	29 ⁽¹⁾
	20 ⁽¹⁾	26 ⁽¹⁾	38 ⁽¹⁾	6	29 ⁽¹⁾
	21 ⁽¹⁾	29 ⁽¹⁾	44 ⁽¹⁾	9	29 ⁽¹⁾
	22 ⁽¹⁾	32 ⁽¹⁾	32 ⁽²⁾	11	27 ⁽²⁾
	23 ⁽¹⁾	35 ⁽¹⁾	35 ⁽²⁾	15	27 ⁽²⁾
	24 ⁽¹⁾	38 ⁽¹⁾	38 ⁽²⁾	16	27 ⁽²⁾
	25 ⁽¹⁾			17	17 ⁽²⁾
	26 ⁽¹⁾			19	26 ⁽²⁾
	27 ⁽¹⁾			20	26 ⁽²⁾
Total:	11 PLL's				
Ancho de Banda:	1.408 kbps				
Be:	768 kb				
Bc:	64 kb				
CIR:	64 kbps				
Observaciones:	Todos los PLL's tienen las mismas características.				

Tabla 4.19 Asignación de PLL's para el Hospital 18.

Hospital de Origen	DLCI del Puerto del Hospital de Origen	DLCI del Puerto Asignado para el Salto del Hospital de Origen	DLCI del Puerto Asignado para el Salto hacia el Hospital de Destino	Hospital Destino	DLCI del Puerto del Hospital de Destino
19	17 ⁽¹⁾	18 ⁽¹⁾	21 ⁽¹⁾	2	30 ⁽¹⁾
	18 ⁽¹⁾	21 ⁽¹⁾	27 ⁽¹⁾	3	30 ⁽¹⁾
	19 ⁽¹⁾	24 ⁽¹⁾	33 ⁽¹⁾	5	30 ⁽¹⁾
	20 ⁽¹⁾	27 ⁽¹⁾	39 ⁽¹⁾	6	30 ⁽¹⁾
	21 ⁽¹⁾	30 ⁽¹⁾	45 ⁽¹⁾	9	30 ⁽¹⁾
	22 ⁽¹⁾	33 ⁽¹⁾	33 ⁽²⁾	11	28 ⁽²⁾
	23 ⁽¹⁾	36 ⁽¹⁾	36 ⁽²⁾	15	28 ⁽²⁾
	24 ⁽¹⁾	39 ⁽¹⁾	39 ⁽²⁾	16	28 ⁽²⁾
	25 ⁽¹⁾			17	18 ⁽¹⁾
	26 ⁽¹⁾			18	26 ⁽¹⁾
	27 ⁽¹⁾			20	27 ⁽¹⁾
Total:	11 PLL's				
Ancho de Banda:	1.408 Mbps				
Be:	768 kb				
Bc:	64 kb				
CJR:	64 kbps				
Observaciones:	Todos los PLL's tienen las mismas características.				

Tabla 4.20 Asignación de PLL's para el Hospital 19.

Hospital de Origen	DLCI del Puerto del Hospital de Origen	DLCI del Puerto Asignado para el Salto del Hospital de Origen	DLCI del Puerto Asignado para el Salto hacia el Hospital de Destino	Hospital Destino	DLCI del Puerto del Hospital de Destino
20	17 ⁽¹⁾	19 ⁽¹⁾	22 ⁽¹⁾	2	31 ⁽¹⁾
	18 ⁽¹⁾	22 ⁽¹⁾	28 ⁽¹⁾	3	31 ⁽¹⁾
	19 ⁽¹⁾	25 ⁽¹⁾	34 ⁽¹⁾	5	31 ⁽¹⁾
	20 ⁽¹⁾	28 ⁽¹⁾	40 ⁽¹⁾	6	31 ⁽¹⁾
	21 ⁽¹⁾	31 ⁽¹⁾	46 ⁽¹⁾	9	31 ⁽¹⁾
	22 ⁽²⁾	34 ⁽¹⁾	34 ⁽²⁾	11	29 ⁽²⁾
	23 ⁽²⁾	37 ⁽²⁾	37 ⁽²⁾	15	29 ⁽²⁾
	24 ⁽²⁾	40 ⁽²⁾	40 ⁽²⁾	16	29 ⁽²⁾
	25 ⁽²⁾			17	19 ⁽²⁾
	26 ⁽²⁾			18	27 ⁽²⁾
	27 ⁽²⁾			19	27 ⁽²⁾
Total:	11 PLL's				
Ancho de Banda:	1.408 Mbps				
Be:	768 kb				
Bc:	64 kb				
CIR:	64 kbps				
Observaciones:	Todos los PLL's tienen las mismas características.				

Tabla 4.21 Asignación de PLL's para el Hospital 20.

Enlace	Switch 1 D. F. DLCI del puerto para el enlace de D. F. a Guadalajara	Switch 2 Guad. DLCI del puerto para el enlace de Guadalajara a D. F.	Comunicación de los hospitales
Distrito Federal a Guadalajara	17	17	2 y 11
	18	18	2 y 15
	19	19	2 y 16
	23	20	3 y 11
	24	21	3 y 15
	25	22	3 y 16
	29	23	5 y 11
	30	24	5 y 15
	31	25	5 y 16
	35	26	6 y 11
	36	27	6 y 15
	37	28	6 y 16
	41	29	9 y 11
42	30	9 y 15	
43	31	9 y 16	
Total:	15 PLL's		
Ancho de Banda:	1.92 Mbps		
Be:	960 kb		
Bc:	64 kb		
CIR:	64 kbps		
Observaciones:	Todos los PLL's tienen las mismas características.		

Tabla 4.22 Asignación de PLL's (saltos) para el enlace D. F. a Guadalajara.

Enlace	Switch 2 - Guadalajara DLCI del puerto para el enlace de Guadalajara a Monterrey	Switch 3 Monterrey DLCI del puerto para el enlace de Monterrey a Guadalajara	Comunicación de los hospitales
Guadalajara a Monterrey	32	32	11 y 18
	33	33	11 y 19
	34	34	11 y 20
	35	35	15 y 18
	36	36	15 y 19
	37	37	15 y 20
	38	38	16 y 18
	39	39	16 y 19
	40	40	16 y 20
Total:	9 PLL's		
Ancho de Banda:	1.152 Mbps		
Be:	640 kb		
Bc:	64 kb		
CIR:	64 kbps		
Observaciones:	Todos los PLL's tienen las mismas características.		

Tabla 4.23 Asignación de PLL's (saltos) para el enlace de Guadalajara a Monterrey.

Enlace	Switch 3 Monterrey DLCI del puerto para el enlace de Monterrey al D. F.	Switch 1 D. F. DLCI del puerto para el enlace del D. F. a Monterrey	Comunicación de los hospitales
Monterrey al Distrito Federal	17	20	18 y 2
	20	26	18 y 3
	23	32	18 y 5
	26	38	18 y 6
	29	44	18 y 9
	18	21	19 y 2
	21	27	19 y 3
	24	33	19 y 5
	27	39	19 y 6
	30	45	19 y 9
	19	22	20 y 2
	22	28	20 y 3
	25	34	20 y 5
	28	40	20 y 6
	31	46	20 y 9
Total:	15 PLL's		
Ancho de Banda:	1.92 Mbps		
Be:	960 kb		
Bc:	64 kb		
CIR:	64 kbps		
Observaciones:	Todos los PLL's tienen las mismas características.		

Tabla 4.24 Asignación de PLL's (saltos) para el enlace de Monterrey al D. F.

Hospital o Enlace	No. de PLL's	Ancho de Banda Asignado	Ancho de Banda Asignado en EO's
1	5	512 kbps	8
2	15	1.92 Mbps	30
3	15	1.92 Mbps	30
4	5	640 kbps	10
5	15	2.176 Mbps	34
6	15	1.92 Mbps	30
7	5	512 kbps	8
8	5	512 kbps	8
9	15	1.92 Mbps	30
10	5	640 kbps	10
11	13	1.664 Mbps	26
12	3	512 kbps	8
13	3	384 kbps	6
14	3	384 kbps	6
15	13	1.664 Mbps	26
16	13	1.536 Mbps	24
17	3	512 kbps	8
18	11	1.408 Mbps	22
19	11	1.408 Mbps	22
20	11	1.408 Mbps	22
Distrito Federal a Guadalajara (redundante)	15	1.92 Mbps	30(2)
Guadalajara a Monterrey (redundante)	9	1.152 Mbps	18(2)
Monterrey al Distrito Federal (redundante)	15	1.92 Mbps	30(2)
Total:	223	28.544 Mbps	446
Cantidad requerida de EI's: 15			14,867 EI's

Tabla 4.25 Total de PLL's y anchos de banda asignados.

Notas:

1. Los superíndices (1), (2) y (3) indican a cuál switch pertenecen los DLCI's mencionados.
2. Para la comunicación de los hospitales que se encuentran en diferentes ciudades será necesario establecer PLL's auxiliares que nosotros denominamos "saltos" entre los FRS de cada ciudad. Las características de éstos serán las mismas que las de los enlaces del D.F. a Guadalajara, de Guadalajara a Monterrey y de Monterrey al D. F.
3. El parámetro Tc es el mismo para todos los PLL's (Tc=1 seg.).

- **Acometida RDI de TELMEX**

La acometida RDI de TELMEX es el medio de comunicación del enlace físico entre cada uno de los nodos principales y entre los hospitales con su nodo principal. La RDI fue desarrollada con base en sistemas *DACS* (*Digital Access Crossconnection System*; Sistema de Crosconexión Digital) que tiene la característica de operar como un conmutador de circuitos digitales, los cuales pueden ser configurados de manera temporal o permanente. La velocidad de los circuitos configurados (64 kbps o más) permite la interconexión con otros circuitos de menor velocidad. La RDI está conformada por una red terrestre y una red satelital *VSAT* (*Very Small Aperture Terminal*; Apertura Terminal Muy Pequeña), a través de las cuales se proporcionan los siguientes servicios a usuarios:

Red Terrestre

- Troncales digitales de 64 kbps para conmutador con conexión a 2.048 Mbps.
- Líneas privadas para conducción de señales punto a punto o multipunto tipo E0 (64 kbps) y E1 (2.048 Mbps).

Red Satelital

- Enlaces en renta para transmisión de voz y datos (9.6 a 19.2 kbps), con asignación por demanda.
- Enlaces en renta para transmisión y recepción de circuitos de 64kbps.

Cabe señalar que la asignación de los 32 canales E0's correspondientes al E1 y la señalización de los mismos están definidos en las normas G-703 (interfaz de reloj centralizado) y G-704 de la SCT.

- **Centro de Administración**

El centro de administración es el lugar donde se realizan todas las operaciones de control de la red: monitoreo de los enlaces de comunicación, altas y bajas de usuarios,

definición y establecimiento de nuevos PLL.'s, obtención de información local y remota sobre el estado de los equipos, etc.

Todas estas operaciones se realizan mediante el uso de un conjunto de paquetes de *software* de administración y de una workstation. Se ha propuesto que el centro de administración se encuentre en el nodo del Distrito Federal ya que es en esta ciudad donde se presenta un mayor número de usuarios, sin embargo, es posible asignar dos equipos de características similares en las ciudades de Guadalajara y Monterrey que pueden funcionar como equipos auxiliares o de respaldo del primero.

Red Secundaria

La red secundaria está formada por un nodo principal, los hospitales propios de cada región o ciudad y su respectivo enlace de comunicación con éste. Para describir la arquitectura de la red secundaria será suficiente con especificar cuáles son los elementos que intervienen en la conexión de un hospital con su nodo principal. Esta conexión se muestra en la figura 4.6.

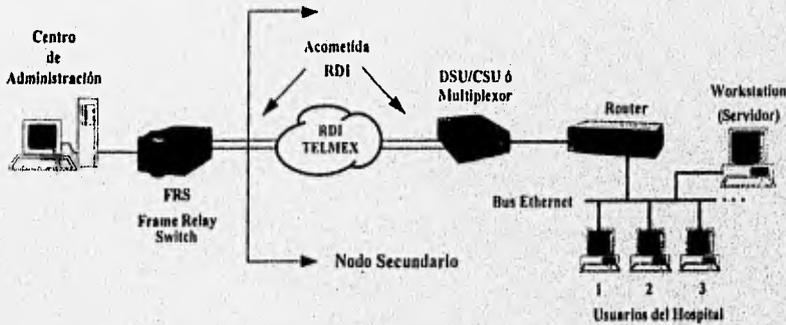


Fig. 4.6 Conectividad de Usuarios..

- Router

Antes de describir las funciones que realiza el router, es necesario mencionar algunas características importantes de este dispositivo:

1. El router es el dispositivo de comunicaciones empleado para el direccionamiento de los datos que fluyen a través de la red. Para realizar este proceso es necesario que en el *router* se encuentren almacenadas las tablas que contienen las direcciones de cada uno de los usuarios de la red, así como las tablas de los DLCI's que fueron empleados para establecer cada uno de los PLL's. Los routers poseen *buffers* donde almacenan dichas tablas, las cuales han sido definidas previamente por el diseñador de la red.
2. Cada *router* cuenta con dos puertos redundantes: uno tipo LAN, que es el puerto de conexión entre el *router* y la red LAN de cada hospital, y otro puerto tipo WAN, que es empleado como puerto de salida hacia la red conformada por todos los hospitales, o sea, hacia la red WAN.
3. Cada hospital contará con un *router*, el cual estará destinado a dar servicio únicamente a la red LAN de dicho hospital.

Para que la información fluya de un punto a otro de la red es necesario llevar a cabo diversos procesos, la mayoría de éstos los realiza el router. Para describirlos consideremos que un usuario de un hospital X desea enviar información a otro usuario del hospital Y. La información que envía el hospital X llega al *router* a través del puerto LAN, el cual se encarga de identificar las direcciones del punto de origen y del punto de destino de la información. Posteriormente, encapsula la información en tramas *Frame Relay* e indica al FRM cuáles DLCI's fueron empleados para establecer el PLL que permitirá el tráfico de la información entre los puntos deseados. Una vez que la información ha viajado por el PLL, ésta llega al router a través del puerto WAN que da servicio al hospital Y, el cual verifica que la dirección de destino se encuentre entre el grupo de usuarios a los que da servicio. Cuando ha realizado esta verificación, procede a desencapsular la información, es decir, quita el formato *Frame Relay* y manda ésta, a través del puerto LAN, al usuario final.

De manera eventual puede darse el caso en que un hospital desee comunicarse con otro con el cual no tenga definido un PLL, en este caso, el *router* puede ser programado para que el primero pueda enviar o recibir información a través de un PLL de un tercer hospital que posea conexión directa con el hospital de interés.

- **DSU/CSU (*Dechannelizer Service Unit/Channelizer Service Unit*)**

Para asignar los canales con los anchos de banda especificados anteriormente, es necesario dividir el E1 de la acometida RDI entre los usuarios, es decir, asignar cuántos E0's va a necesitar cada usuario para poder realizar la transmisión de su información. Por ejemplo, un hospital necesita un ancho de banda de 128 kbps, por lo cual le serán asignados 2 E0's; otro hospital necesita un ancho de banda de 63 kbps, por lo tanto se le asignará 1 E0. Esta asignación de ancho de banda se realiza de manera semejante con todos los hospitales, tomando como base las necesidades de transmisión del mismo. Para realizar esta función es necesario emplear un DSU/CSU o canalizador/descanalizador. Cuando se realiza la asignación de ancho de banda, el DSU/CSU funciona como descanalizador, es por esto que debe estar colocado entre un extremo de la acometida RDI y el *router* que da servicio a la red LAN de cada hospital.

Para conectar la acometida RDI que transporta los canales asignados a cada usuario con el FRS, es necesario agrupar nuevamente estos canales, en este caso el DSU/CSU funciona como canalizador. Este proceso y el anterior se ilustran en la figura 4.7.

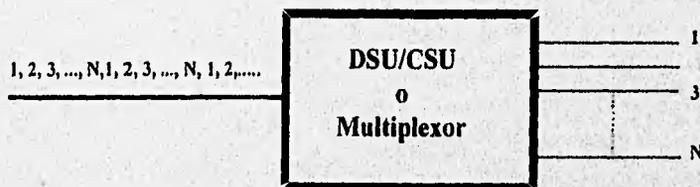


Fig. 4.7 Función DSU/CSU.

Cabe aclarar que las funciones del DSU/CSU pueden ser realizadas también por un multiplexor y, además, que éste puede suprimirse entre el extremo de la acometida RDI y el FRS cuando éste es capaz de realizar la canalización, es decir, existe una gran variedad de FRS que además de realizar las funciones descritas en su apartado correspondiente, pueden también "juntar" los anchos de banda de los usuarios, lo cual permite prescindir del DSU/CSU.

4.5.1 Manejo de Protocolos

Para poder establecer el conjunto de protocolos sobre el cual operará nuestra red a nivel general, es necesario considerar que debe proporcionarse al usuario la posibilidad de enrutar y transportar múltiples protocolos de comunicación debido a que los usuarios de la red utilizan diversos equipos y redes internas con protocolos de comunicación que trabajan en arquitecturas abiertas de comunicación, con el propósito de interconectarse con otras redes. Es por este motivo que hemos decidido emplear el conjunto de protocolos TCP/IP, ya que permite el manejo de una gran variedad de protocolos propios de cada red.

A continuación se presenta una descripción sobre las características generales de TCP/IP, con el propósito de dar a conocer las razones que nos han hecho elegirlo como la mejor alternativa de solución.

TCP/IP Transmission Control Protocol/Internet Protocol

El Departamento de Defensa de los Estados Unidos de Norteamérica llamado *ARPA* (*Advanced Research Projects Agency* - Agencia de Proyectos de Investigación Avanzada), en su propósito de interconectar diversos sistemas de cómputo que permitieran el intercambio de archivos y acceso remoto a los mismos, desarrolló varios protocolos de red que recibieron el nombre de TCP/IP.

TCP/IP es un conjunto de protocolos de alto nivel que pueden operar sobre diferentes medios físicos de transmisión incluyendo par trenzado, cable coaxial o fibra óptica que permite a los usuarios acceder a otros sistemas dentro de una red local o en

cualquier otra parte del mundo. Las características más importantes del conjunto de protocolos TCP/IP son las siguientes:

- Es un conjunto de protocolos de red de transporte utilizados en la red Internet que opera en un ambiente abierto de redes.
- Este conjunto de protocolos es utilizado en el ambiente UNIX.
- Los protocolos TCP/IP manejan de manera automática los formatos de conversión entre sistemas operativos, por lo cual, pueden interconectarse equipos con sistemas operativos diferentes gracias a que estos protocolos trabajan en las capas superiores.
- TCP/IP fue diseñado para soportar un ambiente de comunicaciones similar al utilizado en redes locales tipo CSMA/CD mediante datagramas.

Entre sus aplicaciones más importantes se pueden mencionar:

- Permiten la transferencia de información.
- Login Remoto (TELNET, RLOGIN).
- Transferencia de archivos (FTP, TFTP, NFS).
- Correo electrónico (SMTP).
- Administración Internet (SNMP, CMOT).

Estructura del Protocolo TCP/IP

El modelo TCP/IP contempla cuatro capas en las cuales existen protocolos que tienen asignadas diversas funciones cuyo objetivo es proporcionar una conectividad completa. La estructura del protocolo TCP/IP, mostrada en la figura 4.7, guarda una relación muy estrecha con el modelo OSI debido al uso de capas.

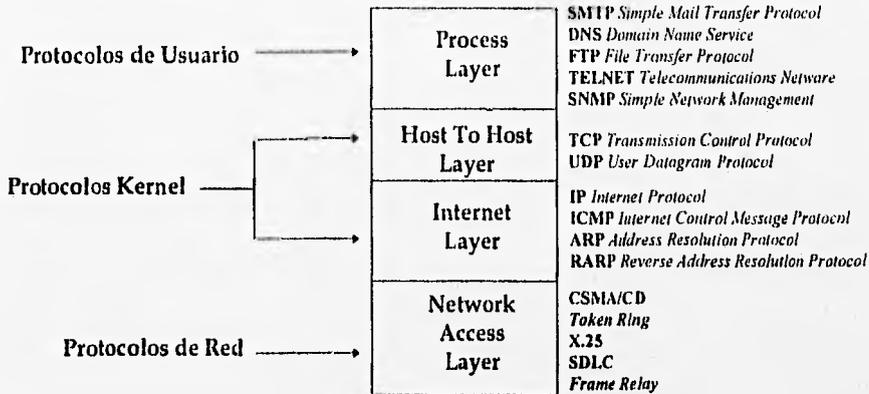


Fig.4.7 Estructura de TCP/IP.

Protocolos de Red

TCP/IP no define protocolos para las capas 1 y 2 (Capa Física y de Enlace respectivamente) del modelo OSI, lo cual permite que los protocolos establecidos en la red para el control del medio físico y del enlace se encarguen de esta tarea, dando como resultado una alta portabilidad entre diversos tipos de redes y equipos.

En la capa de Acceso de Red (*Network Access Layer*) puede emplearse una gran diversidad de protocolos, algunos de los más comunes son: Token Passing, CSMA/CD, SDLC, HDLC, Frame Relay, etc.

Protocolos Kernel

Los protocolos Kernel están constituidos por diferentes módulos de *software* que administran y controlan al *hardware* de comunicaciones instalado en los dispositivos de la red y también sirven como una interfaz entre los protocolos de nivel de red y los protocolos de nivel de usuario. Estos protocolos constituyen propiamente el corazón de la arquitectura

TCP/IP, pues en ellos se encuentran contenidos los protocolos TCP e IP, los cuales dan el nombre a dicha arquitectura.

Los protocolos Kernel operan en las capas Internet (*Internet Layer*) y Host to Host (*Host to Host Layer*) y son los siguientes:

- **IP *Internet Protocol***. Es un protocolo que proporciona servicios orientados a no conexión, entregando datagramas entre los usuarios. Un servicio orientado a no conexión significa que cada datagrama es tratado de manera independiente. Cada datagrama contiene direcciones (origen y destino) propias, idéntico control de información y datos transmitidos. El protocolo puede entregar un paquete fuera de secuencia, puede perder paquetes o puede duplicarlos. IP define el formato exacto de los datos que viajarán a través de la red, pero la entrega de datos no está garantizada.
- **ICMP *Internet Control Message Protocol***. Este protocolo es un compañero de IP que maneja las funciones de control de error y mensajes. Los *gateways* y *host* utilizan el protocolo ICMP para mantener informado al otro *host* a cerca de los problemas de entrega de datagramas. El protocolo ICMP también permite al *host* probar si un destino está en condiciones de ser alcanzado y si éste se encuentra respondiendo.
- **ARP *Address Resolution Protocol***. Este protocolo es usado para asociar una dirección Internet con las direcciones de un dispositivo de *hardware* de las topologías LAN. El protocolo ARP corre sobre una sola red física y solamente sobre aquellas redes que soportan la transmisión omnidireccional. En el ambiente de redes, este tipo de transmisión omnidireccional es conocido como *broadcast*.
- **RARP *Reverse Address Resolution Protocol***. Usado por un sistema operativo denominado *diskless*, llamado así debido a que la estación de trabajo en la cual está instalado no dispone de ninguna unidad de disco para encontrar su dirección Internet.
- **TCP *Transmission Control Protocol***. Es un protocolo que define algunos procesos de comunicación muy confiables orientados al envío de flujo de datos entre sistemas; estas

funciones requieren una conexión entre *host* antes que un *host* transmita datos. Después de que una conexión es establecida, TCP proporciona un mensaje de comunicación hacia ambos dispositivos antes de que se inicien dichos procesos. Los mensajes incluyen un número de puerto que permite al dispositivo transmisor distinguir entre múltiples programas en un *host* remoto. TCP proporciona un mecanismo que garantiza que los datos arriben intactos. TCP utiliza el protocolo IP para transmitir información a través de la red.

- **UDP *User Datagram Protocol*.** Es un protocolo de transporte que define los mecanismos de comunicación basados en datagramas de procesos desde un *host* hasta un *host* remoto. UDP es un protocolo orientado a no conexión. Los mensajes incluyen un número de puerto que permite al dispositivo transmisor distinguir entre múltiples programas de un *host* remoto. UDP utiliza el protocolo IP para transmitir información a través de la red.

Protocolos de Nivel de Usuario

Estos protocolos se consideran de nivel de usuario porque su operación ejecuta códigos en el espacio de usuario, es por eso que se encuentran contenidos en la capa de proceso (*Process Layer*).

- **SMTP *Simple Mail Transfer Protocol*.** Este protocolo está orientado al manejo del correo electrónico, ya que permite que los mensajes enviados sean almacenados en buzotes aún cuando la terminal del usuario no esté encendida. SMTP utiliza los servicios de TCP/IP para que los mensajes siempre lleguen al buzón del destinatario.
- **DNS *Domain Name Service*.** Debido a que el direccionamiento de IP se basa en números y a la posibilidad de tener una gran cantidad de direcciones, resulta difícil poder almacenarlas y ubicarlas, por tal razón se desarrolló el protocolo DNS que permite asignar un nombre en lugar de un número a una dirección de IP. Estos números son almacenados en servidores de nombres, los cuales contienen tablas con los números de red correspondientes a cada nombre.

- **FTP *File Transfer Protocol***. Este protocolo permite al usuario transferir archivos entre su equipo y algún otro. Los archivos transferidos son convertidos a un formato estándar y en el momento de ser recibidos, son convertidos nuevamente al formato en que fueron enviados.
- **TELNET *Telecommunications Netware***. Este protocolo permite que un usuario que desee acceder a un servidor (*host*), lo pueda hacer como una terminal remota de éste. Por medio de este protocolo puede enviarse la información carácter por carácter o línea por línea y en cada uno de éstos se adiciona un carácter de inicio y otro de final, por lo cual se considera una transmisión asíncrona.
- **SNMP *Simple Network Management***. La necesidad de administrar los dispositivos y los recursos de las redes llevó a la creación de este protocolo, que permite la administración de éstos por medio de un sistema de poleo que "pregunta" periódicamente si existe algún problema con el equipo, con el enlace o con el sistema al que se le demandó información. Existe una base de datos que contiene información de errores en la red, posibles causas y soluciones; esta base recibe el nombre de *MIB Management Information Base*.

Asignación de Direcciones Internet

En cualquier red de comunicaciones debe existir un identificador para cada usuario que permita distinguirlo de los demás y ubicarlo dentro de la red pues es obvio que para que pueda haber intercambio de información, es necesario saber cuál es el punto de origen y el punto de destino de la misma. Este identificador es conocido como una dirección de red y es asignado por el diseñador.

Existen diferentes maneras de realizar la asignación de direcciones, inclusive ésta puede ser aleatoria, sin embargo es el método menos recomendable pues se corre el riesgo de que puedan duplicarse al crecer la red, o bien, no ajustarse a necesidades futuras. El procedimiento más recomendable es establecerlas mediante procesos estandarizados que

contemplan los cambios que puedan presentarse en el futuro. Es por esta razón, que hemos decidido emplear el método de asignación de direcciones Internet, pues ofrece la ventaja de proporcionar flexibilidad de interconexión para necesidades futuras, y por consiguiente tener presente la posibilidad de que los usuarios se vean en la necesidad de expandir su red o de comunicarse también con hospitales ubicados en otro país. En este caso, y hasta el momento, la única red que permite comunicar usuarios a nivel mundial es la Red Internet, y para poder establecer esta conexión, una característica obligatoria es precisamente tener direcciones Internet para evitar la duplicidad de las mismas.

Las direcciones IP son direcciones de *software*. Todos los dispositivos de la red (*host*) tienen una dirección de hardware, la cual es asignada desde la fábrica. Los programas de aplicación siempre envían y reciben datos basados en las direcciones IP. Las direcciones IP son almacenadas como un entero de 32 bits. Estos son usualmente expresados en una notación puntual teniendo la forma a.b.c.d. En este formato, los puntos subdividen el entero de 32 bits en cuatro segmentos de 8 octetos, por ejemplo: 128.233.1.1.

Una dirección Internet (IP) tiene una porción de red y una porción de *host*. La porción de red es asignada por el NIC (*Network International Center* -Centro Internacional de Redes). La porción de *host* puede designar una red física o *host* separado, es la parte que el diseñador asigna.

Cuando se prueba una dirección de red, el NIC querrá conocer qué clase de dirección se desea. Hay tres clases de direcciones para escoger: Clase A, Clase B y Clase C, las cuales se detallan en la tabla 4.25.

Clase	Primeros 3 Bits de Dirección	Parte de Red en la Dirección	Parte de Host en la Dirección	Número Máximo de Direcciones	Rango del Primer Octeto
A	0xx	a	b.c.d	16 777 214	1 - 126
B	10x	a.b	c.d	65 534	128 - 191
C	110	a.b.c	d	254	192 - 223

Tabla 4.25 Direcciones IP.

Como se puede observar, la porción de red puede tomar 1, 2 ó 3 octetos de longitud. El criterio a seguir para decidir qué clase de red se debe seleccionar para la numeración de la misma, es tomar en cuenta las necesidades futuras de crecimiento de la red dentro de la organización.

Uso de Subredes

Una red física puede ser dividida lógicamente en varios segmentos denominados subredes, y aunque el uso de éstas es opcional, ofrece ventajas muy importantes. Algunas razones por las que se emplean son:

- Supera las limitaciones derivadas de la longitud del cableado cuando se instala un repetidor, un puente o un ruteador.
- Permite conectar diferentes topologías de red.
- Permite conectar LANs geográficamente dispersas.
- Permite distribuir el tráfico de red. El tráfico entre nodos de una red es aislado por segmento de la red e impide que el tráfico circule sobre otras subredes.
- Permite simplificar las funciones de administración y organización del sistema. Las subredes pueden ser administradas por diferentes personas, también pueden aislarse fácilmente en caso de que algún segmento tenga algún problema.

Cuando una LAN está geográficamente distribuida o está conformada por diferentes tipos de red (*Ethernet*, *Token Ring*, *FDDI*), la alternativa es dividir la red en pequeñas subredes para proporcionar su direccionamiento dentro de las redes en el NIC. En estos casos la división en subredes puede ser la mejor opción.

Con base en lo anterior, haremos las consideraciones siguientes para establecer la clase de direcciones Internet que emplearemos en nuestro diseño:

1. Debido a que nuestro trabajo tiene la categoría de proyecto, no es posible conseguir que el NIC nos asigne una dirección real, por lo cual nosotros la estableceremos tomando en cuenta las características presentes y futuras de nuestra red.
2. Cada hospital será considerado como una subred.
3. El número de subredes con que se cuenta hasta el momento es de 20, con un máximo de 20 usuarios por hospital.
4. Se considera que el número máximo de usuarios que puede llegar a tener un hospital será de 30, ya que permite una mayor facilidad de administración de la red. Si se presenta el caso en que la extensión de un hospital requiera un número de usuarios mayor al previsto, se recomienda dividir a estos grupos que pueden ser considerados como subredes, a los cuales les será asignada una dirección como tal.

Con la consideraciones anteriores podemos determinar que la clase de direcciones adecuada a nuestras características es una clase B, que dispone de dos octetos para el manejo de subredes y terminales (*hosts*). Una clase A quedaría bastante "sobrada", ya que dispone de tres octetos para el manejo de subredes y *hosts*, que como puede apreciarse en la tabla 4.25, proporciona un número elevadísimo de direcciones. Por el contrario, una clase C, solo cuenta con un octeto para manejar subredes y *hosts*, por lo que resultaría muy limitada.

Con una clase B podremos asignar un octeto para manejar subredes y otro para manejar *hosts*, lo cual nos daría la posibilidad de manejar hasta 255 subredes y 255 *hosts* por cada subred, sin embargo, como puede observarse, si consideramos que la red puede trabajar a nivel nacional, el número de hospitales se vería limitado, en cuyo caso, cuando se agotara el número de direcciones para subredes, nos veríamos en la necesidad de adquirir otra dirección nueva aún cuando el número de *hosts* no se haya ocupado en su totalidad. Por esta razón, proponemos la siguiente alternativa que nos permite optimizar la dirección clase B.

Con base en las características de la clase B expuestas en la tabla 4.25 proponemos la siguiente dirección de red.

Dirección de Red	No. de Bits para Subredes	No. Máximo de Subredes	Máscara de Subred	No. de Bits para Hosts	No. Máximo de Hosts
134.47.0.0	11	2046	255.255.255.224	5	30

Dirección de Red

La dirección de red es aquella que identifica a cada usuario como un integrante de la misma ya que cada dirección asignada a éstos contendrá los dos primeros números de la dirección de red (134.47). Cabe aclarar que la dirección de red 134.47.0.0, no podrá ser asignada a ninguna subred y tampoco a ningún usuario.

Máscara de Subred

La máscara de subred sirve justamente para indicar a la red que ha sido dividida en subredes. De esta manera puede distinguirse una dirección de subred de una dirección de usuario. Esta característica facilita al router la búsqueda de los usuarios, permitiéndole además identificar si el punto de destino de la información se encuentra dentro de la misma subred a la que da servicio. La máscara natural para una clase B es 255.255.0.0.

Número de bits para Subredes y Hosts

De los dos octetos (16 bits) con que se cuenta para manejar subredes y *hosts*, asignamos 11 bits para direcciones de subredes, lo cual nos permite manejar hasta 2046 direcciones. La forma en que se establece éste número es la siguiente:

$2^n - 2 = \text{Total de Direcciones para Subredes}$ (dos direcciones son reservadas para *broadcast*).

$2^{11} - 2 = 2046 \text{ Direcciones.}$

De la misma manera se establece el número de direcciones para hosts, empleando los 5 bits restantes para tal efecto.

$2^9 - 2 =$ Total de Direcciones para *Hosts* (dos direcciones son reservadas para *broadcast*).

$2^5 - 2 = 30$ Direcciones.

Como puede apreciarse, con esta designación de bits podemos ampliar el número de direcciones que serán asignadas a las subredes (hospitales), lo que nos permitirá contar con direcciones suficientes para asignar a nuevos integrantes de la red. Por su parte, el número de direcciones para hosts (usuarios por hospital) satisface perfectamente las necesidades actuales y tiene todavía un margen de 10 direcciones para agregar a nuevos usuarios de un mismo hospital si el caso lo requiere. En las tablas siguientes se muestra la asignación de direcciones para cada uno de los hospitales y de cada usuario que hemos considerado para realizar el diseño de nuestra red. Estas direcciones fueron establecidas mediante el uso de la *teoría del embudo*, que establece que la asignación de direcciones para subredes debe realizarse formando combinaciones de bits que irán de izquierda a derecha, mientras que la asignación de direcciones para hosts podrá realizarse con la combinación de los bits designados para éstos de manera consecutiva, tal y como se muestra en el ejemplo siguiente:

	Bits de subred	
	0 0 0 0 0 0 0 0 . 0 0 0 0 0 0 0 0	Bits de Host
Primera dirección de subred	1 0 0 0 0 0 0 0 . 0 0 0 0 0 0 0 0	128.0
Primera dirección de <i>host</i>	1 0 0 0 0 0 0 0 . 0 0 0 0 0 0 0 1	128.1
Segunda dirección de <i>host</i>	1 0 0 0 0 0 0 0 . 0 0 0 0 0 0 1 0	128.2
Segunda dirección de subred	0 1 0 0 0 0 0 0 . 0 0 0 0 0 0 0 0	64.0
Primera dirección de <i>host</i>	0 1 0 0 0 0 0 0 . 0 0 0 0 0 0 0 1	64.1
Segunda dirección de <i>host</i>	0 1 0 0 0 0 0 0 . 0 0 0 0 0 0 1 0	64.2
Tercera dirección de subred	1 1 0 0 0 0 0 0 . 0 0 0 0 0 0 0 0	192.0
Primera dirección de <i>host</i>	1 1 0 0 0 0 0 0 . 0 0 0 0 0 0 0 1	192.1
Segunda dirección de <i>host</i>	1 1 0 0 0 0 0 0 . 0 0 0 0 0 0 1 0	192.2

Una de las ventajas de emplear la teoría del embudo, es que facilita cualquier cambio posterior en alguna de las direcciones de subredes o hosts sin necesidad de cambiar las direcciones de los demás integrantes de la red.

Direcciones para la Ciudad de México

No. de Hospital	No. de Usuarios	Dirección de Subred	Dirección de Usuario
1	5	134.47.128.0	134.47.128.1
			134.47.128.2
			134.47.128.3
			134.47.128.4
			134.47.128.5
2	10	134.47.64.0	134.47.64.1
			134.47.64.2
			134.47.64.3
			134.47.64.4
			134.47.64.5
			134.47.64.6
			134.47.64.7
			134.47.64.8
			134.47.64.9
			134.47.64.10
3	15	134.47.192.0	134.47.192.1
			134.47.192.2
			134.47.192.3
			134.47.192.4
			134.47.192.5
			134.47.192.6
			134.47.192.7
			134.47.192.8
			134.47.192.9
			134.47.192.10
			134.47.192.11

			134.47.192.12 134.47.192.13 134.47.192.14 134.47.192.15
4	7	134.47.32.0	134.47.32.1 134.47.32.2 134.47.32.3 134.47.32.4 134.47.32.5 134.47.32.6 134.47.32.7
5	20	134.47.160.0	134.47.160.1 134.47.160.2 134.47.160.3 134.47.160.4 134.47.160.5 134.47.160.6 134.47.160.7 134.47.160.8 134.47.160.9 134.47.160.10 134.47.160.11 134.47.160.12 134.47.160.13 134.47.160.14 134.47.160.15 134.47.160.16 134.47.160.17 134.47.160.18 134.47.160.19 134.47.160.20
6	13	134.47.96.0	134.47.96.1 134.47.96.2 134.47.96.3 134.47.96.4 134.47.96.5 134.47.96.6 134.47.96.7

			134.47.96.8 134.47.96.9 134.47.96.10 134.47.96.11 134.47.96.12 134.47.96.13
7	5	134.47.224.0	134.47.224.1 134.47.224.2 134.47.224.3 134.47.224.4 134.47.224.5
8	6	134.47.16.0	134.47.16.1 134.47.16.2 134.47.16.3 134.47.16.4 134.47.16.5 134.47.16.6
9	12	134.47.144.0	134.47.144.1 134.47.144.2 134.47.144.3 134.47.144.4 134.47.144.5 134.47.144.6 134.47.144.7 134.47.144.8 134.47.144.9 134.47.144.10 134.47.144.11 134.47.144.12
10	7	134.47.80.0	134.47.80.1 134.47.80.2 134.47.80.3 134.47.80.4 134.47.80.5 134.47.80.6 134.47.80.7

Tabla 4.26 Asignación de direcciones para los hospitales del Distrito Federal.

Direcciones para la Ciudad de Guadalajara

No. de Hospital	No. de Usuarios	Dirección de Subred	Dirección de Usuario
1	15	134.47.208.0	134.47.208.1
			134.47.208.2
			134.47.208.3
			134.47.208.4
			134.47.208.5
			134.47.208.6
			134.47.208.7
			134.47.208.8
			134.47.208.9
			134.47.208.10
			134.47.208.11
			134.47.208.12
			134.47.208.13
			134.47.208.14
			134.47.208.15
2	6	134.47.48.0	134.47.48.1
			134.47.48.2
			134.47.48.3
			134.47.48.4
			134.47.48.5
			134.47.48.6
3	5	134.47.176.0	134.47.176.1
			134.47.176.2
			134.47.176.3
			134.47.176.4
			134.47.176.5
4	5	134.47.112.0	134.47.112.1
			134.47.112.2
			134.47.112.3
			134.47.112.4
			134.47.112.5
5	15	134.47.240.0	134.47.240.1

			134.47.240.2
			134.47.240.3
			134.47.240.4
			134.47.240.5
			134.47.240.6
			134.47.240.7
			134.47.240.8
			134.47.240.9
			134.47.240.10
			134.47.240.11
			134.47.240.12
			134.47.240.13
			134.47.240.14
6	10	134.47.8.0	134.47.8.1
			134.47.8.2
			134.47.8.3
			134.47.8.4
			134.47.8.5
			134.47.8.6
			134.47.8.7
			134.47.8.8
			134.47.8.9
			134.47.8.10

Tabla 4.27 Asignación de direcciones para los hospitales de Guadalajara.

Direcciones para la Ciudad de Monterrey

No. de Hospital	No. de Usuarios	Dirección de Subred	Dirección de Usuario
1	6	134.47.136.0	134.47.136.1
			134.47.136.2
			134.47.136.3
			134.47.136.4
			134.47.136.5
			134.47.136.6

2	10	134.47.72.0	134.47.72.1
			134.47.72.2
			134.47.72.3
			134.47.72.4
			134.47.72.5
			134.47.72.6
			134.47.72.7
			134.47.72.8
			134.47.72.9
			134.47.72.10
3	12	134.47.200.0	134.47.200.1
			134.47.200.2
			134.47.200.3
			134.47.200.4
			134.47.200.5
			134.47.200.6
			134.47.200.7
			134.47.200.8
			134.47.200.9
			134.47.200.10
			134.47.200.11
			134.47.200.12
4	10	134.47.40.0	134.47.40.1
			134.47.40.2
			134.47.40.3
			134.47.40.4
			134.47.40.5
			134.47.40.6
			134.47.40.7
			134.47.40.8
			134.47.40.9
			134.47.40.10

Tabla 4.28 Asignación de direcciones para los hospitales de Monterrey.

Técnicas de Ruteo Utilizadas por el Protocolo TCP/IP

Una ruta es una trayectoria entre dos redes o subredes, o entre *host* de diferentes redes o subredes. Si una LAN incluye una o más redes o subredes físicas o si está conectada hacia otra red externa, es necesario definir entre el ruteo estático o el dinámico. Si no se determina el tipo de ruteo, el *host* de cada red o subred podría estar en posibilidades de comunicarse dentro de la misma red, pero no podrá alcanzar algún otro *host* instalado en otra red o subred.

Ruteo Estático

Si seleccionamos el ruteo estático, será necesario construir manualmente las rutas, permitiendo a un *host* de la red alcanzar al otro. Si la topología de la red cambia, el administrador debe modificar las rutas. En este método de ruteo, las rutas deben ser construidas cada vez que el sistema requiera de algún cambio.

Ruteo Dinámico

Si seleccionamos el ruteo dinámico, la red debe ser configurada para correr con programas de ruteo que intercambien la información de ruteo entre ellas y que actualicen las tablas de ruteo de los *host* sin la intervención manual. En donde son posibles múltiples rutas, el programa determina la mejor trayectoria; donde la trayectoria óptima no es posible el programa proporciona rutas alternas.

Los protocolos de ruteo definen el mecanismo usado por los programas de ruteo dinámico. Los protocolos corren sobre ruteadores: sistemas (*host* o computadoras de propósito especial) conectadas por dos o más subredes físicas que intercambian información de ruteo acerca de un *host* local y mantienen sus tablas de ruteo actualizadas.

4.6 Especificaciones de Equipo (*Hardware y Software*)

En este apartado se describen las características técnicas de diversos equipos existentes en el mercado que cumplen con los requerimientos para la instalación de la red y de entre los cuáles se hará la selección de los equipos más adecuados para éste propósito.

Switches Frame Relay

Familia B-STDX *CASCADE*

Los productos B-STDX proveen plataformas *WAN* de multiservicio basado en tecnología *ATM* para interconexión entre *Frame Relay*, *SMDS* y *ATM*, redundancia, alto desempeño y ancho de banda flexible, utilizando estándares para portadoras públicas y privadas y han sido diseñados para brindar una solución costo-efectividad en necesidades de crecimiento de redes públicas y privadas. Los productos de esta familia proporcionan gran disponibilidad a las soluciones de interconexión en la industria.

La familia B-STDX ofrece dos modelos de switches: el sistema B-STDX 8000, que contiene 8 puertos y ofrece plataforma de multiservicio modular, obteniendo así balance entre precio y desarrollo, incluyendo rentabilidad, capacidad de servicio y administración del producto y el sistema B-STDX 9000 con 16 puertos, gran capacidad, plataforma de multiservicio modular para interconexión de redes incluyendo *Frame Relay*, *SMDS* y *ATM*. Ambos sistemas pueden contener grandes redes con grandes requerimientos de ancho de banda.

La arquitectura del *hardware* emplea un multiprocesador RISC que incluye un procesador de control (CP) interactuando con múltiples módulos I/O. El CP proporciona a la red, al sistema de administración y a las funciones de ruteo, soporte del tiempo real de las funciones de conmutación empleados por los módulos I/O.

Caraterísticas

- Cada sistema contiene: un CP de redundancia completa, módulos I/O, fuentes de poder y módulos de gran rentabilidad en aplicaciones críticas.
- Fácil instalación del CP y de los módulos, fuente de poder y módulos adicionales para obtener la máxima disponibilidad de la red.
- Enrutamiento dinámico de los PVC's mediante el algoritmo *Open Shortest Path First* (OSPF) en la red.

El CP y los módulos I/O utilizan un procesador RISC 1960 de Intel, obteniendo alta eficiencia en la conmutación por paquetes necesario para *ATM* y en los ambientes de transmisión como *HSSI*, *E3/T3*, *OC-3c/STM-1*, así como en la configuración de los puertos.

Módulos I/O

El CP y los módulos utilizan adaptadores pasivos lo cual permite que en caso de alguna falla de los módulos, éstos puedan ser reemplazados sin perder la continuidad de la red, obteniendo un bajo MTTR (*Mean Time to Repair*; tiempo de reparación) para los sistemas B-STDIX.

Caraterísticas de los módulos para ambos switches

Módulos I/O	Velocidad	ATM	SMDS	Frame Relay
universal I/O (V.35,X.21,RS449)	arriba de 8Mbps	si	si	si
Descanalizador T1/E1	1.54/2.05 Mbps	si	si	si
Canalizador T1/E1	24 ó 30 canales 56/64 Kbps	si	si	si

ISDN	24 ó 30 canales 56/64 Kbps	en proceso	si	si
HSSI	arriba de 45 Mbps	si	si	si
DSX-1	1.54 Mbps	si	si	si
Emulación de circuito T1/E1 sobre ATM	1.54/2.05 Mbps	en proceso	no	no
ATM (UNI) T1/E1	1.54/2.05 Mbps	si	no	no
ATM, UNI (E3/T3) conmutación	45/34 Mbps	si	no	no

Switch STDX-6000

El sistema STDX-6000 de multiservicio *WAN* proporciona infraestructura para portadoras de servicio y redes privadas, alto rendimiento y plataformas para construir las redes *Frame Relay*.

El sistema utiliza *Frame relay* para la transmisión de datos a alta velocidad, tiene 6 puertos, plataforma de multiservicio *WAN* y módulos de interfaces para necesidades particulares de los usuarios; emplea un procesador Intel 1900 RISC para desarrollar la conmutación por paquetes y utiliza el estándar OSPF como base para el ruteo del circuito virtual de *Frame Relay*.

Características

- Fácil instalación de los módulos y redundancia.
- Provee de PVC's para *Frame Relay*.
- Realiza monitoreo del PVC.
- Permite que cualquier puerto pueda ser usado como interfaz para mayor flexibilidad
- Fácil expansión a través de los módulos I/O.
- Soporta conexiones híbridas, privadas y públicas.
- Controla la congestión, recuperación del tráfico de datos.
- Monitorea la velocidad.
- Disminuye el tiempo de reparación de las tarjetas.
- Asigna prioridad al tráfico de PVC's individuales.

Módulos I/O

Los módulos de expansión presentan las siguientes características:

Módulos I/O	Velocidad	Frame Relay
I/O Universal (V.35 y X.21)	arriba de 4 Mbps	si
Canalizador T1/E1	24, 30 canales 56/64 Kbps	si
6 puertos V.35 8/18 puertos V.24/X.21Z I/O universal	arriba de 128 Kbps	si

Switch Frame Relay/X.25 multiprotocolo

Los *switches* multiprotocolo SPS-6 y SPS-12 son sistemas *Frame Relay* para ruteo entre unidades de acceso *Frame Relay/X.25*. Cada sistema tiene dos canales asíncronos.

El sistema SPS-6 puede conmutar 6 enlaces síncronos y el sistema SPS-12 puede realizar 12 enlaces. La conmutación se puede realizar de la siguiente manera: X.25 a X.25 y *Frame Relay* a *Frame Relay*. También puede encapsular varios protocolos sobre *Frame Relay* y X.25.

Características

- Contienen 6 ó 12 puertos multiprotocolo.
- Compatible con CCITT para X.25, X.3, X.28 y X.29.
- Interfaces DCE/DTE para cada enlace.
- Dos canales asíncronos con velocidad mayor a 19.2 Mbps.
- Soporta protocolos síncronos : X.25, *Frame Relay* y HDLC.
- Contiene un administrador para configuración, monitoreo, diagnóstico, estadísticas y reportes.
- Encapsulación de protocolos sobre *Frame Relay*.
- Multisección para cada canal asíncrono.

Canales Asíncronos

La velocidad de los canales puede ser seleccionada en el rango de 75 bps a 19.2 Mbps. Los canales operan de acuerdo al protocolo X.28 y pueden ser configurados independientemente para diferentes necesidades.

Routers

La familia Cisco está compuesta de *routers* que pueden interconectar a diferentes redes con diferentes protocolos y medios. Los *routers* escogen el camino óptimo para el

envío de datos a través de redes complejas. Además, éstos pueden actuar como compuertas en el envío de paquetes de un segmento de la red a otro.

Los *routers* soportan los siguientes tipos de interfaz y medios:

- Ethernet (IEEE 80.2.3 y Type II), 10 y 100Mbps.
- Token Ring (IEEE 802.5), 4 y 16 Mbps.
- FDDI para estaciones de enlace individuales o duales.
- Síncrono serial (Incluye interfaz serial de alta velocidad (HSSI), V.35, EIA/TIA-232, EIA/TIA-449, EIA 530, G.703/G.704 y X.21).
- Asíncrono serial.
- Interfaz red digital de servicios integrados (ISDN) (Incluye *Basic Rate Interface* (BRI), y *Primary Rate Interface* (PRI). El BRI consta de dos canales *bearer* (B) de 64 kbps y una canal de datos (D) de 16 kbps. El PRI se encuentra formado por 23 ó 30 canales B de 64 kbps y un canal D de 64 kbps.
- *Asynchronous Transfer Mode* (ATM) (Incluye el puerto DS3, TAXI y OC-3c en modo individual o multimodo.

Routers Cisco series 7000 y 7500

Los routers 7000 y 7500 soportan las siguientes configuraciones de puertos:

- 1 ó 2 puertos Fast Ethernet.
- 2, 4 ó 6 puertos Ethernet.
- 2 ó 4 puertos Token Ring.
- 1 puerto RDDI.
- 4 u 8 puertos seriales.
- HSSI (puerto individual).
- ATM (puerto individual: DS3, T3, TAXI y OC-3c modo single o multimodo).
- Puerto individual o dual canalizado T1 y E1.
- E1 fraccionado (G.703/ G.704).
- Puerto individual o dual ISDN PRI.

- Interfaz para canal de puerto individual o dual para IBM *mainframes*.

Características del procesador de ruteo de la serie 7000 de Cisco

- 25 MHz 68040 CPU.
- Puerto de consola (EIA/TIA-232 -Modo DCE hembra).
- Puerto auxiliar (EIA/TIA-232 DTE).
- 16 MB de DRAM, escalable a 64 MB.
- 4 MB de memoria FLASH EPROM.
- 128 kB NVRAM.
- Slot para tarjeta de memoria FLASH de 8 ó 16 MB.
- Calendario de tiempo real con batería de respaldo.

Características del procesador de ruteo de la serie 7500 de Cisco

- MIPS RISC CPU, con reloj externo de 50 MHz y reloj interno de 100 MHz.
- Puerto de consola (EIA/TIA-232 -Modo DCE macho).
- Puerto auxiliar (EIA/TIA-232 DTE).
- 16 MB DRAM expandible a 128 MB.
- 128KB NVRAM.
- 8 MB de memoria FLASH expandible a 40MB.
- Calendario de tiempo real con batería de respaldo.

Routers Cisco serie 4000

La serie 4000 se encuentra disponible con los siguientes módulos de interfaz:

- 1, 2 ó 6 puertos Ethernet.
- 1 ó 2 puertos Token Ring.
- 1 puerto multimodo FDDI (para enlace a estación individual y dual (DAS)).
- 1 puerto modo individual FDDI (DAS).
- 2 ó 4 puertos seriales síncronos.

- 4 u 8 puertos ISDN BRI.
- 1 puerto canalizado T1/ISDN PRI .
- 1 puerto canalizado E1/ISDN PRI (balanceado o desbalanceado).
- 4 puertos seriales G.703 (balanceado o desbalanceado).
- 1 puerto ATM (modo individual o multimodo) OC-3c.

Características del procesador de ruteo de la serie 4000 de Cisco

- 40, 100 ó 133 MHz dependiendo del modelo.
- Puerto de consola (EIA/TIA-232 -Modo DCE hembra).
- Puerto auxiliar (EIA/TIA-232 DTE).
- Memoria RAM de 8 ó 16 MB expandibles hasta 32 MB.
- Memoria FLASH estándar de 4MB expandible hasta 32 MB.
- Memoria compartida de 4MB expandible hasta 16 MB.
- NVRAM de 128 KB

Estas características pueden ser mezcladas para crear diferentes configuraciones. Los *routers* de la familia 4000 soportan varios protocolos, velocidades de línea y medios de transmisión.

Routers Cisco serie 2500

Esta serie respalda combinaciones de las siguientes interfaces:

- Interfaces Ethernet y puertos eje.
- Interfaces Token Ring y puertos eje.
- Síncrono serial.
- Asíncrono serial.

Características del procesador de ruteo de la serie 2500 de Cisco

- 20 MHz 68030.
- Memoria DRAM de 8 expandibles hasta 16 MB dependiendo de la aplicación.
- Memoria FLASH estándar de 4MB expandible hasta 8 MB dependiendo de la aplicación.
- Puerto EIA/TIA-232 DTE macho.
- Puerto EIA/TIA-232 DCE hembra.

A todos los *routers* se les debe adicionar el software. Éste es el que permite la configuración del ruteador para el encapsulamiento de los datos en formato *Frame Relay*. Los routers Cisco en sus diferentes series pueden configurarse para aplicaciones *Frame Relay*, independientemente de su modelo.

DSU/CSU's (*Dechannelizer Service Unit/Channelizer Service Unit*)

Modelo SMCD-E1

El SMCD-E1 es un CSU/DSU que permite a equipos compatibles dentro de una red (como ruteadores) conectarse a los servicios SMDS (*Switched Multi-megabit Data Services*; Servicios de Datos Multi-Megabit Conmutados) de unidades de acceso E1 con las recomendaciones de la CCITT G.703, G.704, G.706, y G.732. Este puerto de datos soporta las interfaces V.35, RS-530, X.21, y RS-449/V.36 y puede ser configurado para una conexión directa a la interfaz DXI (*Data Exchange Interface*) /DTE del ruteador.

El SMCD-E1 puede ser ordenado con una unidad integrada de terminación de línea (LTU - *Line Termination Unit*) en la interfaz E1, permitiendo la operación sin la necesidad de una LTU externa.

La selección de fuentes de reloj múltiples provee máxima flexibilidad en la conexión a la interfaz E1. La línea E1 puede ser sincronizada a partir de la señal de reloj recibida y recobrada de un oscilador interno.

El SMCD-E1 satisface todo lo relevante de ETSI (*European Telecommunications Standards Institute* - Instituto Europeo de Patrones para Telecomunicaciones) y de patrones ESIG (*European SMDS Interest Group* - Grupo Europeo Interesado en SMDS), acerca de las especificaciones DXI para la interfaz DTE-DSU.

El panel frontal o el puerto de supervisión proveen la configuración de acceso, el diagnóstico, desarrollo y el monitoreo de alarma. El puerto de supervisión puede ser colocado por un DCE o DTE permitiendo un establecimiento local o remoto por medio de un *modem*.

La capacidad de mantenimiento incluye un ciclo local y remoto en varios puntos para la rápida localización de las fallas.

Características

- Conecta equipos para redes al servicio SMDS sobre enlaces E1.
- Instalación completa de la interfaz del abonado a la red (SNI *Subscriber Network Interface*) para SMDS.
- Realización del procesamiento del protocolo de interfaz SMDS (*SIP Interface Protocol*) para el nivel 1 y 2.
- Soporta la interfaz SMDS DXI con V.35, RS-449/V.36, RS-530 o X.21.
- Opción de LTU integrado.
- Realización de monitoreo contra todo riesgo.
- Diagnóstico de ciclo.
- Agente SNMP (*Services Network Management Protocol*).
- Establecimiento, control y monitoreo por medio del tablero frontal o el puerto de supervisión.
- Tamaño compacto.

DataComm 554 de GDC

El DataComm 554 es un CSU/DSU diseñado para trabajar con aplicaciones T1 (FT1), enteros o fraccionales. El DataComm 554 permite V.35 o la interfaz opcional EIA-530 para interconectar puentes o ruteadores LAN, multiplexores T1, equipos de teleconferencia, CAD/CAM y aplicaciones de imágenes médicas que demandan la velocidad y el desarrollo ofrecido por los servicios FT1.

El DataComm 554 soporta la versión de ANSI y la versión 54016 de supertrama extendida (ESF *Extended Superframe*), así como los códigos de línea AMI y B8ZS, para asegurar la compatibilidad con la última tecnología en servicio digital. Además, éste soporta la especificación AT&T 54019A para la transmisión FT1, un requerimiento para *Frame Relay*, que se hace cada vez más utilizado para interconectar LANs/WANs.

Características

- Ideado para acceso a WAN por medio de *Frame Relay*.
- Fácil instalación a través de conmutadores configurados en el tablero.
- Rápida localización de fallas a través del panel frontal.

Familia NMS 553 de GDC

La familia NMS 553 de GDC combina todas las características de un CSU/DSU para T1 (1.544 Mbps) y la funcionalidad de un CSU. Entre los miembros de la familia están la serie NMS 553C, que son CSU's para T1 diseñados para conectar un DSX-1 tipo equipo terminal (DTE) a la red T1; la serie NMS 553D, también para T1 entero o fraccional. La versión incluye el NMS 553D-1, con un solo V.35 o interfaz de equipo terminal EIA-530 y la serie NMS 553D-3 con tres canales que soportan la mezcla de interfaces V.35 y EIA-530.

Características

- Características completas, dirección de red con acceso a los servicios económicos FT1.
- Completa conformidad con el funcionamiento CSU incluyendo tramas D4, AT&T y ANSI ESF; codificado AMI y B8ZS para máxima flexibilidad en el servicio.
- Servicios digitales de enlaces FT1 con 56/64 kb/s para reducir costos de red.
- Versátil interfaz de terminal que permite la integración de aplicaciones LAN y no LAN.

FCD-IX

El FCD-IX es un CSU/DSU para servicios T1 fraccionales. La unidad provee canales asncronos sobre redes T1 públicas reduciendo los requerimientos para el mutiplexor T1 y limitando el uso del ancho de banda.

El FCD-IX puede ser ordenado con o sin CSU, permitiendo para su operación utilizar un CSU interno o externo. La conexión puede soportar interfaces V.35 o RS-530. La velocidad puede ser programada para operar con cualquier multiplo de 56 o 64 Kbps. La interface RS530 también soporta RS449/442 y X.21.

El FCD-IX es compatible virtualmente con todos los servicios de portadoras que proporcionan T1, incluyendo ASDS y AT&T. También puede soportar las tramas D4 y ESF.

La selección de múltiples relojes proveen una máxima flexibilidad de conexión entre T1 y usuarios. La interfaz del usuario puede ser usada como DTE o DCE con un reloj de transmisión externo. La interfaz también puede soportar conexiones a DCE donde ambos relojes de trasmisión y recepción son habilitados como salidas.

Características

- CSU/DSU con T1 fraccional.
- Opcionalmente disponible sin CSU.
- Tramado ESF o D4.

- Primera densidad de control elegible: transparente a B7ZS o B8ZS.
- Interfaz V.35, RS-530, RS-449/442 o X.21.
- Razón de sincronismo de datos elegible: $n \times 56$ o 64 kb/s.
- Selección de fuente múltiple de reloj para T1 y puerto de usuario.
- Tablero frontal o puerto de supervisión para el arranque y control.
- Información de diagnóstico de la última línea T1 almacenado las 24 horas.

Centros de Administración de la Red

- **Servicio de Administración de Red Centralizado *ASCOM TIMEPLEX***

El servicio de Administración de Red Centralizado o CNMS (*Centralized Network Management Service*) es un centro de control y administración de red que permite manejar y administrar toda la red desde un solo punto. El manejo de la red se divide en tres partes:

- 1. Coordinación de la Red.** Referente al equipo de gente especializada para dar soporte técnico en las operaciones y mantenimiento de la red.
- 2. Crecimiento de la Red.** Incluye la ingeniería necesaria para el crecimiento, contracción, reacomodo y reconfiguración de los nodos, enlaces y en general todo el manejo de ancho de banda.
- 3. Generación de Reportes sobre la Red.** Provee de reportes periódicos para revisión de la red.

Los servicios que proporciona este sistema son los siguientes:

- Monitoreo de la red (7 por 24 ventanas).
- Detección de fallas.
- Aislamiento y solución de problemas referentes al funcionamiento de la red.
- Reportes y análisis del estado de la red.
- Revisión y optimización de la red.
- Planeación futura.

- Asesoría sobre la instalación del sistema óptimo para cubrir los requerimientos de la red.

Una de las herramientas más poderosas del sistema es el servicio ComWatch, el cual es capaz de monitorear las condiciones de la red por medio de parámetros preestablecidos, revisar continuamente las conexiones y presentar alarmas cuando los equipos se encuentran fuera del rango de señalización, alimentación, etc.

La plataforma de hardware donde se monta el centro de control y administración tiene las siguientes características:

- El sistema que se utiliza es un *TIME/VIEW 2000* de *ASCOM TIMEPLEX*. Tiene una gran flexibilidad en cuanto a la distribución de las estaciones de trabajo, un manejo automático definido por el usuario sobre eventos que ocurran en el sistema mediante archivos de comando poderosos. Monitoreo y diagnóstico centralizados de alarmas de red; control y partición lógica de redes grandes y pequeñas; características de seguridad como derechos de acceso de control y gran capacidad de conectividad con *routers*, servidores, multiplexores, conmutadores de paquetes, etc.
- Plataforma:
- * Sistema operativo: Solaris 1.1 (SUN OS 4.1.3) basado en UNIX residente en CD ROM.
- * Requerimientos de memoria: disco duro con capacidad mínima de 424 Mbytes compatible con SCSI (*Small Computer System Interface* o Interfaz de Sistemas de Computadora Pequeña). Cartucho de cinta de 0.25 pulgadas con 150 Mbytes de capacidad de respaldo. *CD ROM* de 5.25 pulgadas con 644 Mbytes.
- * Soporte de entrada/salida: Tarjeta de comunicaciones con 8 puertos asíncronos con interfaz *Ethernet AUI* 10 Mbps.

Se encuentran disponibles los siguientes procesadores centrales: *SUN SPARC classic*, *SPARC Station 5* modelo 70, *SPARC Station 10* modelo 40, *SPARC Station 20* modelo 50 y monitores de 15, 17 y 20 pulgadas con una resolución de 1152 x 900 píxeles.

Administrador de Red SUN

Este sistema está conformado por los siguientes elementos:

- Sistema operativo Solaris 2.3 basado en UNIX, disponible en CD ROM.
- *Sun Net Manager Software*. Programa de Administración de Red.

La plataforma que soporta el *software* es la siguiente:

- Memoria base de 32 Mbytes expandible a 96 Mbytes.
- Interfaces: Ethernet 10 base T.
- SCSI de 10 Mbps.
- Puerto paralelo compatible con Centronix.
- Puerto para audio con señal de 8 bits a 8 kHz.
- Puerto serial.
- ISDN y 2 *slots* de expansión.
- Bus de 32 bits.
- Unidad de floppy de 3.5 pulgadas compatible con MS-DOS de 1.44 Mbytes.
- Disco duro interno de 535 Mbytes.
- Monitor a color de 20 pulgadas con resolución de 1024 x 768 pixeles.
- Teclado, *mouse* óptico de tres botones, micrófono externo.
- Unidad de CD ROM de 644 Mbytes externo.

Software para la Administración de Redes

- **HP Open View de Hewlett-Packard**

Este producto ha tomado mucha fuerza comercial a raíz de que parte de sus características fueron seleccionadas por la OSF/DME (*Open Software Foundation / Distribution Management Environment*) y emplea el protocolo de administración SNMP, que es uno de los principales estándares de administración. Existen versiones para los sistemas operativos UNIX y DOS bajo ambiente *Windows*. HP Open View es realmente

una línea de productos orientados a la administración de redes y sistemas de HP o de otros proveedores.

- **IBM Net View/6000**

Este producto está basado en el sistema HP Open View, IBM realizó mejoras y adaptaciones que permiten que opere en equipos IBM-RISC 6000.

Tomando en cuenta los requerimientos de nuestro diseño y las características de los equipos anteriores, seleccionamos los siguientes:

- Switches CASCADE modelos B-STDX 9000 y B-STDX 8000.
- Routers Cisco 4000.
- Centrales de Administración *ASCOM TIME/PLEX*.
- Los DSU/CSU's son proporcionados por Telmex con la contratación de las acometidas.

4.7 Costos y Rentabilidad

Una vez definidos los elementos necesarios para la implementación física de la red, es necesario elaborar un estudio sobre el costo total de la misma para posteriormente poder analizar la rentabilidad del proyecto.

En las tablas 4.29 y 4.30 se muestran los costos de los servicios de transporte proporcionados por la RDI de Telmex.

Servicio	Cargos Iniciales (USD)	Cargos Mensuales (USD)
E0 Local	108.80	173.33
E0 Larga Distancia Nacional	608.00	173.33 + Cuota Fija de L. D. + Cargo por Distancia. *
E1 Local Punto a Punto	1016.00	1016.00
E1 Punto Multipunto	1016.00	1525.73
E1 Punto a Punto Larga Distancia Nacional	1069.00	508.00 + Cuota Fija de L. D. + Cargo por Distancia. *

* Para establecer el cargo por distancia debe consultarse la tabla anexa 4.30.

Tabla 4.29 Tarifas de Servicios de RDI de Telmex.

Distancia (km)	Cuota Fija de Larga Distancia (USD)	Cargo por Distancia (Cuota por km) (USD)
0 a 81	369.00	9.00
82 a 161	760.00	6.50
162 a 805	1400.00	2.45
más de 805	1970.00	1.80

Tabla 4.30 Tarifas de Servicios de RDI de Telmex (Tabla anexa).

La propuesta inicial es recuperar nuestra inversión en un período de 5 años por lo cual en la tabla siguiente se muestran los gastos generados por la operación de la red durante este período.

Ciudad	Concepto	Cantidad	Costo Unitario (USD)	Renta Mensual (USD)	Costo Total en 5 Años (USD)
Distrito Federal	Switch CASCADE B-STDx9000	1	118,421.00	---	118,421.00
	Router Cisco 4000	10	2,381.00	---	23,810.00
	Central de Administración Ascom/Timeplex	1	12,368.15	---	12,368.15
	El Local Punto a Punto	5	1,016.00	1,016.00	309,880.00
	El punto multipunto	1	1,016.00	1,525.73	92,559.80
	E0 locales	18	108.80	173.33	189,155.00
RDI México a Guadalajara	El punto a punto larga distancia nal.	2	1,069.00	3,069.00	370,418.00
Guadalajara	Switch CASCADE B-STDx 8000	1	103,947.33	---	103,947.33
	Router Cisco 4000	6	2,381.00	---	14,286.00
	Central de Administración Ascom/Timeplex	1	12,368.15	---	12,368.15
	El punto multipunto	3	1,016.00	1,525.73	277,679.00
	E0 locales	8	108.80	173.33	84,068.80
RDI Guadalajara a Monterrey	El punto a punto larga distancia nal.	2	1,069.00	3,456.40	416,906.00
Monterrey	Switch CASCADE B-STDx 8000	1	103,947.33	---	103,947.33
	Router Cisco 4000	4	2,381.00	---	9,524.00
	Central de Administración Ascom/Timeplex	1	12,368.15	---	12,368.15
	El punto multipunto	2	1,016.00	1,525.73	185,120.00
	E0 locales	14	108.80	173.33	147,120.00
RDI Monterrey al D. F.	El punto a punto larga distancia nal.	2	1,069.00	3,613.20	435,722.00
Total					2,919,670.00

Tabla 4.31 Costos generados por la red en un período de 5 años.

Para la contratación del servicio se establecerá una cuota inicial de 2500 USD y una renta mensual de 180 USD por uso de cada PLL. Para el pago de este último concepto, debe considerarse que el uso de cada PLL es compartido por dos hospitales, por consiguiente, cada uno deberá aportar 90 USD mensuales.

Durante el período de recuperación deben tenerse presentes los gastos generados por el crecimiento de la red y los sueldos del personal requerido para la operación y mantenimiento de la misma (ver tabla 4.33). En consecuencia, se realizó un estudio de mercado que nos permitió considerar el número de hospitales que pueden agregarse a la red cada año, los cuales se muestran en la tabla 4.32.

Año	1er.	2do.	3ro.	4to.	5to.	Total
Hospitales	20	15	25	30	10	100
No. de PLL's	223	168	279	335	112	1117

Tabla 4.32 Estudio de mercado sobre el crecimiento de la red.

Departamento	Personal	Sueldo Mensual Unitario (USD)	Sueldo Anual Unitario (USD)	Sueldo Total 5 años (USD)
Dirección	2	2,400.00	28,800.00	288,000.00
Ingeniería	9	1,133.00	13,596.00	611,820.00
Servicios y Mantenimiento	9	600.00	7,200.00	324,000.00
Administración y Finanzas	3	800.00	9,600.00	144,000.00
Total	23	4,933	59,196	1,367,820.00

Tabla 4.33 Sueldos del Personal.

Con base en los datos anteriores se estima que los gastos generados por el crecimiento de la red a partir del segundo año son los siguientes:

Concepto	Cantidad	Costo Unitario (USD)	Renta Mensual (USD)	Costo Total (USD)
Routers	80	2,381.00		190,480.00
RDI Telmex	30	1,016.00	1,525.73	1,458,563.30
Tarjetas de Expansión (SFR)	30	10,000.00		300,000.00
Total				1,949,043.30

Tabla 4.34 Gastos por expansión de la red a partir del segundo año.

Para verificar que la inversión realmente se recupere durante el período propuesto en la tabla siguiente se muestran los ingresos anuales obtenidos con base en las tarifas propuestas y los gastos generales en los 5 años.

	Concepto	Cantidad Total
Ingresos	1er. año	451,400.00
	2do. año	741,300.00
	3er. año	1,268,500.00
	4to. año	1,884,000.00
	5to. año	2,035,600.00
	Total	
Gastos	Costo Inicial	2,919,670.00
	Sueldos	1,367,820.00
	Equipo y Enlaces (expansión)	1,949,043.30
	Total	
Ingresos menos Gastos		144,266.70

Tabla 4.35 Verificación de la recuperación de la inversión.

De acuerdo a los resultados obtenidos en el análisis anterior, se puede afirmar que la inversión puede recuperarse en el tiempo propuesto, obteniéndose además una cantidad extra que puede ser asignada para imprevistos. Por otra parte, si tomamos en cuenta que el propósito de la red no es lucrar con el servicio, sino satisfacer una necesidad real, puede considerarse que el proyecto es rentable, ya que con el análisis de los costos pretendemos dar una alternativa de recuperación de la inversión, sin embargo, la obtención de ganancias no queda exenta pues la operación de la red después de los cinco años de recuperación, trabajando a esta capacidad, proporcionará ingresos que cubrirán no solamente las rentas de los enlaces y el pago de los sueldos, sino que aportará además un porcentaje de ingresos que podrán ser considerados como ganancia.

CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

Al finalizar el desarrollo del presente trabajo de tesis, hemos querido reflejar en las conclusiones, no sólo los conocimientos que ésta ha aportado a nuestra formación, sino también las experiencias que hemos tenido, y que por su importancia durante la investigación del tema deben ser mencionadas.

Se puede concluir que a medida que fuimos avanzando en la investigación acerca de equipos médicos, nos dimos cuenta que muchos de ellos ya digitalizan, almacenan y, en algunos casos, como las tomógrafos computarizados, comprimen imágenes. En un principio pensamos encontrarnos con equipos que necesitaban un previo procesamiento digital de imágenes, para posteriormente transmitirlos a un sitio remoto. Sin embargo, estos equipos manejan una gran variedad de interfaces estándares que únicamente necesitan conectarse a una computadora en red para transmitir la información obtenida de un estudio médico y en el caso particular de las radiografías existen los equipos que las digitalizan.

Una adversidad a la que nos enfrentamos fue la casi nula cooperación por parte de proveedores de equipo de comunicaciones para proporcionar especificaciones técnicas y costos de diversos equipos, debido a que el presente trabajo es un proyecto de tesis el cual no tiene carácter lucrativo, esto nos dejó como última alternativa la consulta en páginas de Internet. Es necesario recalcar este aspecto, ya que fue Internet una solución que se explotó al máximo para recopilar los datos técnicos que aparecen en la tesis.

El diseño de una red de interconexión de hospitales como ésta marca un precedente importante en el campo de la medicina en México, debido a que no existe actualmente una red instalada que permita el intercambio de información médica (principalmente de imágenes) a alta velocidad a nivel nacional. Nuestro diseño sirve como plataforma inicial de análisis, a pesar de saber que hay otras alternativas de conectividad que pueden resolver el problema de una forma diferente.

La red está diseñada de tal manera que prevee un crecimiento a corto y largo plazo, de ahí la razón de asignar direcciones Internet (utilizando el método del "embudo") y subredes

bajo protocolo de transporte TCP/IP, así como las consideraciones pertinentes a nivel *software* y *hardware* de la configuración del *switch frame relay* para el manejo de puertos, que faciliten el ingreso de nuevos hospitales que deseen agregarse a la red.

El presente trabajo de tesis no sólo tiene el propósito de ser una investigación de *frame relay* aplicado al diseño de redes, sino tener la capacidad de ponerse en operación en algún momento, siempre y cuando se cuente con una inversión y un apoyo económico que respalde la puesta en marcha de dicho proyecto. Tenemos la confianza de que en un futuro no muy lejano alguna organización médica particular o hasta el propio Sector Salud llegue a interesarse en este diseño. Haciendo un estudio aproximado de costos y rentabilidad de la red, consideramos que el precio de la misma tiene un nivel aceptable y que la contratación inicial de conexión así como las mensualidades de renta son aún más accesibles. Pero principalmente pensamos que el servicio que se ofrece a través de la red compensa los gastos que en ésta se puedan invertir.

Podemos considerar como una aportación final que el presente trabajo de tesis servirá como material de apoyo a todo aquel estudiante o profesor que desee tener un conocimiento más amplio sobre *Frame Relay* aplicado a las redes de telecomunicaciones para transmitir datos e imágenes. En ninguna asignatura impartida en la Facultad de Ingeniería, tanto de computación como de comunicaciones, se profundiza sobre protocolos de conmutación de paquetes y, particularmente *Frame Relay*, es por ello que este trabajo puede servir como una herramienta auxiliar en el diseño de redes utilizando el protocolo antes mencionado.

APÉNDICE

ACRÓNIMOS

AH	Application Header; Encabezado de Aplicación.
AMI	Alternate Mark Inversion; Inversión Alternada de Marca.
ARP	Address Resolution Protocol; Protocolo de Resolución de Dirección.
ARPA	Advanced Research Projects Agency; Agencia de Proyectos de Investigación Avanzada.
ASK	Amplitude Shift Keying; Modulación Digital de Amplitud.
ATM	Asynchronous Transfer Mode; Modo de Transferencia Asíncrono.
Be	Committed Burst Size; Tamaño Convenido de las tramas en condiciones de tráfico Intenso.
Be	Excess Burst Size; Tamaño Convenido de las tramas Excedidas que serán enviadas.
BECN	Backward Explicit Congestion Notification; Notificación de Congestión Explícita Hacia Atrás.
BRI	Basic Rate Interface; Interfaz básica para la tasa de transmisión de información.
BSC	Binary Synchronous Control, Control Binario Síncrono.
CAD/CAM	Computer Aided Design/Computer Aided Manufacturing; Diseño Asistido por Computadora/Fabricación Asistida por Computadora.
CBS	Committed Burst Size; Tamaño de Ráfaga Convenido.
CCITT	Comité Consultivo Internacional de Telefonía y Telegrafía.
CIR	Committed Information Rate; Velocidad de Información Convenida.
CRC	Cyclic Redundancy Check; Verificación de Redundancia Cíclica.
DACC	Digital Access Cross Connect; Crosconexión de Acceso Digital.
DACS	Digital Access Crossconnection System; Sistema de Crosconexión con Acceso Digital.
DCE	Data Communication Equipment; Equipo de Comunicación de Datos.
DE	Discard Eligibility; Bit de Elegibilidad Descartada.
DLCI	Data Link Connection Identifier; Identificador de Conexión de Enlace de Datos.
DNS	Domain Name Service; Servicio de Dominio de Nombres.

DRAM	Dynamic Random Access Memory; Memoria Dinámica de Acceso Aleatorio.
DSU/CSU	Dechannelizer Service Unit/Data Service Unit; Unidad de Servicio de Descanalización/ Unidad de Servicio de Canalización.
DTE	Data Terminal Equipment; Equipo Terminal de Datos.
DXI	Data Exchange Interface; Interfaz de Cambio de Datos.
EDI	Electronic Data Interchange; Intercambio Electrónico de Datos.
EIA	Electronic Industries Association; Asociación de Industrias Electrónicas.
ESF	Extended Superframe; Supertrama Extendida.
ESIG	European SMDS Interested Group; Grupo Europeo Interesado en SMDS.
ETSI	European Telecommunications Standards Institute; Instituto Europeo de Estándares para Telecomunicaciones.
FCS	Frame Check Sequence; Secuencia de Verificación de Trama.
FDM	Frequency Division Multiplexing; Multiplexaje por División de Frecuencia.
FECN	Forward Explicit Congestion Notification; Notificación de Congestión Explícita Hacia Adelante.
FRS	Frame Relay Switch; Switch (Conmutador) Frame Relay.
FSK	Frequency Shift Keying; Modulación Digital de Frecuencia.
FTP	File Transfer Protocol; Protocolo para Transferencia de Archivos.
HDLC	High-Level Data Link Control; Control de Enlace de Datos de Alto Nivel.
ICMP	Internet Control Message Protocol; Protocolo para el Control de Mensajes Internet.
ISDN	Integrated Services Digital Network; Red Digital de Servicios Integrados.
ISO	International Standards Organization; Organización Internacional de Normas.
ITU	International Telecommunications Unit; Unidad Internacional de Telecomunicaciones.
LAN	Local Area Network; Red de Area Local.
LAPB	Link Access Procedure; Procedimiento de Acceso de Enlace.
LAPD	Link Access Procedure; Procedimiento de Acceso de Enlace (versión D).
LLC	Logical Link Control; Control de Enlace Lógico.
LTU	Line Termination Unit; Unidad de Terminación de Línea.

MIB	Management Information Base; Base de Información de Administración.
MTTR	Mean Time To Repair; Tiempo de Reparación.
NIC	Network International Center; Centro de Red Internacional.
NRZ	Non Return to Zero; Código de No Retorno a Cero.
NVRAM	Non Volatile Random Access Memory; Memoria No Volátil de Acceso Aleatorio.
OSI	Open System Interconnection; Modelo de Interconexión de Sistemas Abiertos.
PAD	Packet Assembler and Disassembler; Ensamblador y Desensamblador de Paquetes.
PAM	Pulse Amplitude Modulation; Modulación por Amplitud de Pulso.
PCM	Pulse Code Modulation; Modulación por Código de Pulso.
PH	Presentation Header; Encabezado de Presentación.
PLL	Permanent Logical Link; Enlace Lógico Permanente.
PRI	Primary Rate Interface; Interfaz Primaria para la tasa de transmisión de información.
PSK	Phase Shift Keying; Modulación Digital de Fase.
PVC	Permanent Virtual Circuit; Circuito Virtual Permanente.
QPSK	Quadrature Phase Shift Keying; Modulación Digital de Fase Cuadrática.
RARP	Reverse Address Resolution Protocol; Protocolo Inverso de Resolución de Dirección.
RZ	Return to Zero; Código de Retorno a Cero.
SCSI	Small Computer System Interface; Interface para Sistemas de Computadores Pequeños.
SCT	Secretaría de Comunicaciones y Transportes.
SDLC	Synchronous Data Link Control; Control de Enlace de Datos Síncrono.
SIN	Subscriber Network Interface; Interfaz de Red para Subscriber.
SIP	SMDS Interface Protocol; Protocolo de Interfaz SMDS.
SMDS	Switched Multi-megabit Data Services; Servicios de Datos Multimegabit Conmutados.
SMTP	Simple Mail Transfer Protocol; Protocolo Simple para Transferencia de Correo.
SNA	System Network Architecture; Arquitectura de Sistema de Red.

SNMP	Simple Network Management Protocol; Protocolo Simple de Administración de Red.
TCP/IP	Transmission Control Protocol/Internet Protocol; Protocolo de Control de Transmisión/Protocolo Internet.
TDM	Time Division Multiplexing; Multiplexaje por División de Tiempo.
TELNET	Software empleado para accesos remotos de la red.
UDP	User Datagram Protocol; Protocolo de Datagramas para Usuarios.
VAN	Value Agregate Network; Red de Valor Agregado.
VSAT	Very Small Aperture Terminal; Terminal Pequeña de Apertura.
WAN	Wide Area Network; Red de Area Amplia.

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA

- Alcatel Data Networks
" Frame Relay Protocol Self Study " (Education and Training).
Alcatel Data Networks, 1994, USA.
- Alejos Gómez, Victor.
Castro Hernández, Angel.
Tesis: " Redes Frame Relay "
Registro 04601 1995/A
Instituto Politécnico Nacional (ESIME Culhuacán).
- Black, Uyles
" TCP/IP and Related Protocols "
McGraw-Hill, 1992, USA.
- Casados Rosas Daniel
Chavarría Nieto, Alejandro
Guillén Olague, Alejandro y otros.
Tesis: " Diseño de una Red Nacional de Valor Agregado para Tráfico Transaccional "
Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería, 1995, Cd.
Universitaria.
- Freeman, Roger L.
" Telecommunications System Engineering "
Willey-Interscience, 2da. Edición, 1989, USA.
- Halsall, Fred.
" Data Communications, Computer Networks and Open Systems "
Addison-Wesley, 3ra. Edición.
- Krestel, Erich.
" Imaging Systems for Medical Diagnostics "
SIEMENS Aktiengesellschaft, 1990, Alemania.
- Medicine
" Bases del Diagnóstico por Imágenes "
Publicaciones Americanas de México S. A., 1989, México D. F.

- Minoli, Daniel.
" Enterprise Networking, Fractional T1 to SONET, Frame Relay to B1SDN "
Artech House Inc., 1ra. Edición, 1993.
- Motorola Codex
" The Basics Book of Frame Relay "
Addison-Wesley, 2da. Edición, 1993.
- Rosner, Roy D.
" Tomorrow's Communications Today "
Van Nostrand Reinhold Company, New York, USA.
- Spohn, Darren L.
" Data Network Design "
McGraw Hill, 1993, USA.
- Sprint International Communications Corporation
"Frame Relay Overview"
Sprint International Communications Corporation, 1993, USA.
- Springs, John D., Hammond, Joseph L., Pawlikowski, Krzysztof.
"Telecommunications: Protocols and Design"
Addison-Wesley Publishing Company, 1992, USA.
- Stallings, William.
" Data and Computer Communications "
Macmillan, 2da. Edición.
- Stallings, William.
" ISDN and Broadband ISDN"
McMillan Publishing Company, 2da. Edición, 1992, New York, USA.
- Stallings, William.
" Local Networks "
Macmillan, 2da. Edición.
- Telenotes
" The Frame Relay Solution "
US Sprint International, Volúmen 1, Números 1 y 2, 1990, USA.

- Valdés Maltos, Javier.
Tesis. " Redes de Conmutación de Paquetes Basadas en Frame Relay "
Registro: 04782 1996/V
Instituto Politécnico Nacional (ESIME Culhuacán).