



46
Reyes

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

DISEÑO DE UNA RED NACIONAL DE VALOR AGREGADO
PARA TRAFICO TRANSACCIONAL

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
P R E S E N T A N :
DANIEL CASADOS ROSAS
ALEJANDRO SERGIO CHAVARRIA NIETO
JORGE ALEJANDRO GUILLEN OLAGUE
JOEL ALEJANDRO NUÑEZ HERNANDEZ
JUAN CARLOS ZUÑIGA DAVILA MADRID



DIRECTOR:
M. en I. LAURO SANTIAGO CRUZ

MEXICO, D. F.

AGOSTO 1995.

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.



AGRADECIMIENTOS

A la UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO por habernos formado cultural, profesional y socialmente.

A la FACULTAD DE INGENIERIA y a todos nuestros maestros de la misma, ya que a través de los años supieron transmitirnos sus conocimientos y experiencias con el único afán de forjarnos como buenos ingenieros.

Un agradecimiento especial a nuestro director de tesis, M. en I. Lauro Santiago Cruz, por brindarnos su apoyo para la obtención de éste logro.

A nuestros amigos de la Facultad de Ingeniería y a todos los que de una u otra forma colaboraron mediante observaciones, pláticas y conocimientos en la realización de ésta Tesis.

A todos ellos gracias.

POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU



Agradezco profundamente a:

Mis padres: María Elena y Daniel, mis mejores amigos, ya que gracias a ellos he llegado a ser lo que soy.

Mis hermanos: María Elena y Victor Hugo, que me apoyaron y me apoyarán siempre.

Rubria, quien ha sido el mayor estímulo en mi vida para seguir creciendo.

Mónica, que me ha brindado su amistad incondicionalmente y para siempre.

Karla y Gonzalo, grandísimos amigos y compañeros espirituales.

Alejandro, Alejandro, Alejandro y Juan Carlos, ya que juntos logramos este trabajo.

Gracias.

Daniel Casados Rosas.

Esta página quisiera dedicarla muy especial y cariñosamente a las personas que, a mi parecer, fueron pilar fundamental en la terminación de mi carrera y en la realización de este proyecto tan importante y determinante de mi vida.

Muchísimas gracias:

A Mis papás: Dalila y Sergio, (también Caritina y Angel) a quienes debo absolutamente todo lo que soy y lo que tengo y que han sido y seguirán siendo la base y la fuerza de mi existencia, además de haber significado el reflejo fiel de lo que quise llegar a ser y que ahora significan el más grande orgullo que tengo.

*De igual manera a **Mis Abuelos: Caritina y Angel, Luz y José (q.p.d.),** puesto que ellos cimentaron el apoyo tan valioso que tuve hasta hoy: Mis Padres.*

***A Mi hermano Pino (José Angel),** cuya amistad incondicional y comprensión han servido como la mejor compañía que haya existido en mi vida.*

***A Auland: Gonzalo, Karla y Daniel,** quienes le han dado el sentido espiritual a mi vida y que gracias a nuestro trabajo tengo el aliento suficiente para crecer emocionalmente junto con ellos que considero parte esencial de mi vida. Gracias por su apoyo.*

***A "Los de la Tesis", Alex Núñez, Alex Guillén, Juan Carlos Zúñiga y Daniel Casados.** Gracias a ellos y a sus ideas y aportaciones, pero sobretodo a la gran amistad que logramos con este trabajo.*

***A Rocío, mi novia,** que significa todo para mí, y que me ha brindado todo su apoyo y su amor en todas las empresas que me he propuesto y que ha querido compartir conmigo su vida lo cual es lo mejor que me ha sucedido en la vida. Gracias a ti la vida es más sencilla.*

Alejandro Sergio Chavarria Nieto.

Este trabajo que representa la culminación de una de las más importantes metas y etapas en mi vida lo dedico:

A mis papás:

A quienes amo profundamente y orgulloso admiro, siendo siempre indispensables en todas las facetas de mi vida. No encuentro las palabras para hacerles saber que eternamente les agradeceré todos los esfuerzos y sacrificios que han hecho por mí y mi hermano.

Este logro es suyo.

A mi hermano Luis:

Con quien he vivido etapas muy difíciles contando siempre con su apoyo y cariño; ahora quiero compartir con él esta gran alegría, estando seguro que vendrán muchas más que viviremos juntos.

A mi gran amor Claudia:

Quién me ha apoyado incondicionalmente en los últimos ocho años de mi vida, enseñándome que los problemas pueden ser menores si estamos juntos, ésta es una de las tantas metas que nos hemos propuesto y que seguramente lograremos.

A mi Abuelita, Tíos y Primos:

Que siempre han sido parte motivadora en mi carrera.

A mis amigos:

Con quienes siempre contaré.

A "Lalo":

Por su valiosa amistad.

Al "Chapitas", "Tocayito", "El Charro" y "El Pato" :

Con quienes no sólo compartí y desarrollé este trabajo sino confirmé una perdurable amistad.

Va por tí también..... "Cheke"

GRACIAS A TODOS

JORGE ALEJANDRO GUILLEN OLAGUE

A mis padres :

Joel Núñez Sánchez
Guadalupe Hernández de Núñez

Por brindarme a lo largo de todos estos años su cariño, comprensión y apoyo incondicional y sobre todo, por encausar sus esfuerzos para formar, a mis hermanas y a mi, en personas de bien.

A mis abuelos :

Pascual Núñez Briseño (†)
Ana María Sánchez de Núñez

Crisóforo Hernández Jaimes
Lorenza Clemente de Hernández

Por mostrarme el respeto a la familia y al trabajo, y por enseñarme con su ejemplo la tenacidad de superación que se debe tener a lo largo de la vida.

A mis hermanas :

Maru, Norma y Liliana

Por su apoyo, cariño y convivencia que hemos tenido durante tantos años.

A mis amigos, primos, familiares y a todas aquellas personas que a lo largo de mi vida han influido de una u otra manera en mi formación tanto personal como profesional.

*Lo que crees que sabes mejor,
es lo que más necesitas aprender.*

Joel Alejandro Núñez Hernández

A mi Padre y Familia:

Por apoyar cada uno de los pasos que he dado en la vida.

A mis amigos:

Porque se que cuento y contaré con todos ellos incondicionalmente.

A Tessy:

Por su exigente cariño, apoyo y motivación.

**Y muy especialmente a la memoria de María Cristina, mi madre; y del "Cheke"
mi amigo y compañero.**

Por haberme ayudado a realizar aquel sueño, Gracias.

Juan Carlos

INDICE

1. INTRODUCCION

1.1. Historia y evolución de las redes de telecomunicaciones	1
1.2. Actualidad de las redes de telecomunicaciones en México	3

2. CONCEPTOS BASICOS

2.1. Antecedentes	11
2.2. Comunicaciones Analógicas y Digitales	14
2.2.1. Modulación Analógica y Digital	19
2.3. Tipos de Multiplexaje	22
2.4. Técnicas de Multiacceso	37
2.5. Topologías de Red	44
2.6. Modelo OSI y Protocolos de Comunicación	53

3. PORTADORAS DE SERVICIO

3.1. RDI Telmex	61
3.2. Radio-Enlaces Privados	69
3.3. Comunicación Vía Satelite (SATELITRON)	72

4. DISEÑO DE LA RED NACIONAL DE VALOR AGREGADO	
4.1. Redes de Valor Agregado	79
4.1.1. Descripción y Servicios	79
4.1.2. Reglamentos	82
4.2. Análisis de Necesidades	85
4.3. Topología de la Red	90
4.4. Recomendaciones y Manejo de Protocolos	92
4.5. Arquitectura de la Red	110
4.6. Especificaciones de Equipos	127
4.7. Costos de Instalación y Rentabilidad	142
4.8. Verificación de cumplimiento de Objetivos de Diseño	157
RESULTADOS Y CONCLUSIONES	
Resultados	159
Conclusiones	160
Aplicaciones Propuestas	161
Tendencias Tecnológicas	167
BIBLIOGRAFIA	170
APENDICE	175

CAPITULO 1

INTRODUCCION

1.1 HISTORIA Y EVOLUCION DE LAS REDES DE TELECOMUNICACIONES

Si se quisiera caracterizar a cada siglo por la tecnología dominante durante el mismo, el siglo XVIII se denominaría como el siglo de los grandes sistemas mecánicos, el siglo XIX sería el siglo de la máquinas de vapor, y el siglo XX sin duda sería llamado como el siglo de la transferencia y manejo de información.

La telefonía, la radio, la televisión, los satélites y las computadoras han tenido una influencia cultural inmensurable a nivel mundial durante este siglo. Incluso podríamos ser más específicos y enfocarnos a los últimos años. Simplemente en la década de los ochentas las computadoras y las redes informáticas han tenido un impacto que se refleja y persiste aún hasta nuestros días. Se habla de que hemos entrado en la "Era de la Información" y se ha abierto una gama de posibilidades que hoy en día es imposible limitar más que por la imaginación.

Para citar un ejemplo podemos mencionar el servicio internacional de INTERNET. Este es un proyecto que inició la NSFnet (National Science Foundation Network) en conjunto con la NREN (National Research and Education Network) y ARPAnet (Advanced Research Projects Agency network) para fines educativos y de investigación. Sin embargo, a más de una década de sus inicios, el servicio que proporciona crece día con día, ya que cada vez que se conecta un nodo nuevo (Host) automáticamente se incrementa el número de posibilidades de efectuar una interconexión. Es así como aún hoy en día es imposible conocer todas las interconexiones que se pueden hacer a través de este medio.

Aunque parece asombroso, éste es sólo un ejemplo de los miles que existen en el mundo. Con el mismo principio se han desarrollado redes con finalidades y aplicaciones muy distintas.

A diario miles de millones de operaciones se realizan en bancos, hoteles, almacenes, y todo tipo de industrias con el uso de redes de informática. Incluso existen muchas otras actividades económicas o de seguridad que dependen en su totalidad de redes telemáticas. Sistemas de estos cuentan con subsistemas de respaldo para protegerse de todo tipo de fallas que pudieran existir.

Al hablar de "redes de computadoras" nos referimos a un conjunto de computadoras interconectadas entre sí por uno o varios caminos o medios de transmisión. Estos medios de transmisión pueden variar desde un hilo de cobre hasta un enlace satelital.

Las redes tienen la finalidad concreta de transferir e intercambiar datos entre computadoras y terminales de éstas. Es precisamente este intercambio de información lo que permite funcionar eficientemente a los diferentes servicios telemáticos que forman parte de nuestra vida cotidiana, desde los cajeros automáticos y las terminales punto de venta (POS) hasta los sistemas de lanzamiento de la NASA basan su eficiencia en las redes informáticas.

El nombre de "Era de la Información" resulta bastante adecuado, ya que hoy en día la sociedad emplea la información y la transferencia de ésta para reducir costos de producción y en general para mejorar la calidad de vida.

1.2. ACTUALIDAD DE LAS REDES DE TELECOMUNICACIONES EN MEXICO

En este apartado presentamos una breve explicación de los sistemas básicos de redes a los que se puede tener acceso actualmente en México, planteando así una base para poder entender los temas que se abordan y formarse una perspectiva de la orientación del presente trabajo de Tesis.

Cada día surgen nuevos conceptos en redes y la tecnología evoluciona tan rápido que apenas cuando se ha asimilado un término surge otro, lo cual hace parecer que la tecnología de meses anteriores se ha vuelto obsoleta y la actual más compleja. Por ejemplo, se cree que una red local ya no funciona, cuando la realidad las ha vuelto la base de cualquier concepto de comunicación actual.

Una red de área local LAN (*Local Area Network*) parecería ser lo más arcaico de la conectividad, pero su antigüedad no implica su obsolescencia, por el contrario las redes de área local se han convertido en la base de las redes de área ampliada WAN (*Wide Area Network*), de las redes de área global GAN (*Global Area network*), de las redes metropolitanas MAN (*Metropolitan Area network*), de las redes virtuales (*Virtual LANs*) y de la misma supercarretera de la información que pretende comunicar al mundo a través de una red global.

Red de Area Local: Esta red está compuesta por un conjunto de computadoras que se comunican entre sí compartiendo recursos en un área físicamente limitada, como puede ser un edificio.

Ya que estas redes son la base de las demás se describe *grosso modo* sus componentes: estaciones de trabajo, servidores, sistemas operativos de red, protocolos de comunicación, topologías y enlaces físicos.

El *servidor* es una computadora con gran capacidad de procesamiento que se encarga de administrar y compartir los recursos de la red y en el que reside el sistema operativo con el que se trabaja. La labor principal del servidor es descargar las tareas de las computadoras que se encuentran conectadas en red.

Otro elemento importante es el *sistema operativo* de la red (*software* base bajo el cual se trabaja) tales como: NetWare, LAN Manager, OS/2, LANtastic y Appletalk. Este sistema reside en el servidor y cada estación de trabajo cuenta con un componente del *software* el cual permite que una aplicación sea leída y se puedan escribir datos en el servidor desde la máquina local que se esté utilizando.

El *protocolo de comunicación* es el conjunto de normas y regulaciones que gobiernan la transmisión y recepción de datos de la red. Para entender mejor su aplicación es necesario comprender el modelo OSI (*Open System Interconnection*; Interconexión de sistemas abiertos) que es la base del protocolo de comunicación de un sistema de red. El modelo OSI fue definido de referencia por la Organización Internacional de Estándares como un estándar a nivel mundial del cual parten los fabricantes y desarrolladores para lograr que sus productos se comuniquen. Este modelo tiene el objetivo de brindar al usuario final transparencia total para que pueda comunicar los diferentes tipos de computadoras y equipos de redes que existen actualmente en el mercado.

La *topología* se refiere a la forma física o lógica en la que se conectan o distribuyen las computadoras. Las tres topologías más utilizadas comúnmente son: *bus* (conexión lineal), anillo y estrella.

La *transferencia física* de datos de una red se lleva a cabo por el método de acceso que puede ser una topología como Ethernet o Token Ring teniendo que ver con la distribución física de la red, donde cada dispositivo se comunicará por medio de

adaptadores de red. Aunque el enlace real o la vía de acceso de las comunicaciones es el cable que se conecta a cada adaptador de red.

Un sistema de red de área local puede tener tantos usuarios como sus necesidades lo exijan pero siempre tomando en cuenta que sus posibilidades son de alcance local.

Redes locales sin servidor dedicado: Se utilizan comúnmente con un número de usuarios muy pequeño y en donde cada computadora puede operar como un servidor, todos los usuarios pueden acceder datos en todas las máquinas de la red. Estas redes generalmente son más fáciles de instalar y administrar, aunque en redes con número considerable de usuarios es mejor contar con un servidor dedicado, ya que éste podrá manejar mayores transacciones por segundo.

Redes de área metropolitana : Se constituyen cuando un conjunto de redes locales se comunican entre sí en una misma área geográfica pequeña.

Redes de área amplia : Encuentran su origen en las necesidades de comunicación de los usuarios a mayor distancia, esta necesidad trajo un reto a los desarrolladores de tecnología, ya que ahora era necesario integrar protocolos, topologías y sistemas operativos que podían viajar en cada sucursal. Con ello se empieza a manejar el concepto de interoperabilidad que intenta lograr esa integración. Los elementos que integran una red WAN son: Repetidores o regeneradores de señales, Puentes o *Bridges*, Ruteadores e Interfases de comunicación entre redes.

Redes Virtuales : Están compuestas por grupos de trabajo con necesidades comunes y no es condición que se encuentren en un mismo lugar físicamente, globalizando la información de estos grupos, trabajando de una manera transparente. una red virtual clasifica grupos de usuarios de acuerdo a proyectos o tareas, por lo que la comunicación se da sólo con ciertos nodos de la red y sólo acceden a la información que les atañe.

Redes de área global : Se trata de una red de tipo internacional que presentan sus propios problemas (diferentes usos horarios, idiomas, normas establecidas, etc.), sin embargo, para los grandes consorcios implica comunicación a menor costo del que

representaría trasladarse constantemente de una sucursal a otra, además de incrementar el tiempo de respuesta en cuanto a la toma de decisiones.

Durante décadas los prejuicios y temores de la burocracia gubernamental en México habían frenado el crecimiento de las telecomunicaciones y de los niveles de competitividad no sólo del sector, sino de todas las empresas que requieren de las tecnologías de comunicación en un mundo cada vez más interrelacionado, todo esto porque había un criterio que se había mal interpretado, los recursos estratégicos (explotación exclusiva por el gobierno). Las figuras 1.1 y 1.2 muestran claramente los retrasos y deficiencias que se tienen a nivel mundial en materia de telecomunicaciones.

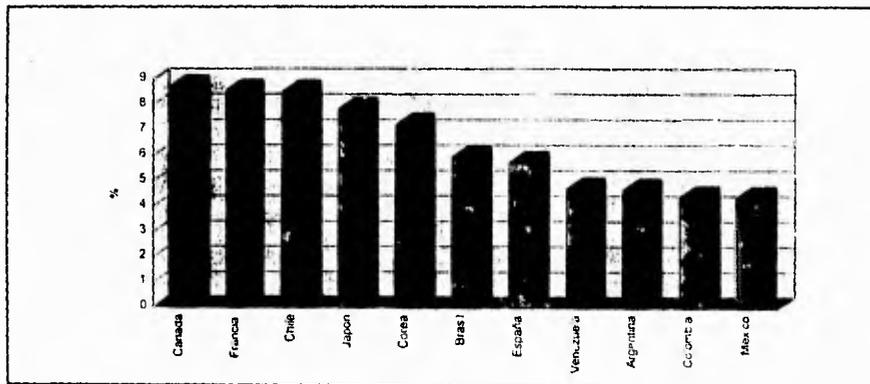


Fig. 1.1 Nivel de Infraestructura en Telecomunicaciones

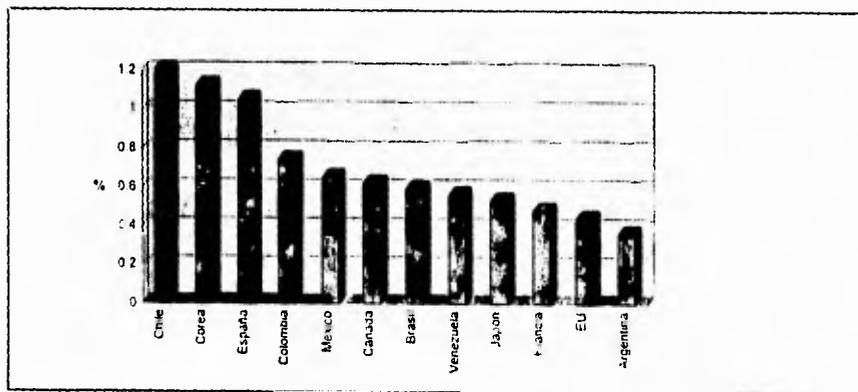


Fig. 1.2 Inversión Pública en Telecomunicaciones como % del PIB

Actualmente se ha dado una apertura, de tal manera que ella permitirá que el sector privado pueda entrar al mercado con creatividad y fuerza competitiva, lo que al final de la cadena beneficiará a la sociedad mexicana.

A continuación se presentan algunos ejemplos que proporcionarán una visión de la actualidad de algunas redes en nuestro país y hacia donde van.

El grupo editorial El Sol, formado por los periódicos El Norte, Reforma y la empresa Infosel, compite con gran eficacia a los periódicos nacionales; sus ventajas competitivas se originan en decisiones tomadas hace diez años, lo que les permite tener un impresionante control de la información a velocidades instantáneas.

Esta empresa logró que las áreas editoriales funcionaran como una sola, creándose el concepto de "Redacción Virtual", el cual contempla que todas las áreas compartan la información independientemente de donde esté siendo recolectada.

El proyecto de automatización se dió a través del desarrollo de varios sistemas : cada reportero posee una estación de trabajo conectada a un servidor principal que captura y almacena los textos, el formato de éstos es respetado a través del uso de DDE (*Dynamic Data Exchange*; Intercambio dinámico de datos), los reporteros que tienen que cubrir eventos especiales tienen una estación de trabajo portátil y envían las notas al servidor principal por correo electrónico. Los editores reciben todas las notas producidas por los reporteros y las fotografías de los eventos en una estación de trabajo que está conectada a un servidor de imágenes con sistema Fotomail (digitaliza y formatea las fotografías) que se comunica al servidor de textos. Utilizando una conexión WAN, puesto que el sistema de impresión se encuentra en otro edificio, la información pasa al sistema de impresión y distribución.

El grupo Elektra ha integrado todas sus tiendas a nivel nacional, a través de una red que se convierte en una de las 100 redes más importantes en el país, ya que está diseñada para tener un alto nivel de tráfico y máximo nivel de respuesta.

En el desarrollo de la televisión interactiva 3 empresas están compitiendo. La primera es el grupo RED, que incursionará a mediados de 1995 en el servicio de televisión restringida por satélite, tecnología aun sin comercializar en México, esta tecnología la desarrollará Medcom permitiendo la recepción directa en los hogares por medio de pequeñas antenas parabólicas de 60 cm, a través del satélite Solidaridad II, ofreciendo una red de 60 canales de programación diversa. La segunda es Multivisión que anunció que pondrá en marcha el mismo sistema en febrero de 1996, pero teniendo una cobertura mayor: toda latinoamérica, 144 canales de televisión y 60 de audio gracias a sus socios Hughes Communications, televisoras de Venezuela y Brasil. La tercera es Cablevisión, que al asociarse con TELMEX ofrecerán productos de valor agregado, los usuarios de cable podrán utilizar desde sus monitores, los servicios de videoconferencia, envío, recepción y almacenamiento de bases de datos, imágenes, acceder así a la televisión interactiva.

Otra de las "luchas" que se están dando es por obtener una concesión en la apertura de telefonía local y de larga distancia, dándose grandes uniones empresariales para romper con el monopolio de Teléfonos de México.

Con lo anterior se observa que la modernización tecnológica de las estructuras de conectividad va realmente acelerada en México, pero no obstante su ritmo de crecimiento, no se puede dislumbrar aún el papel que esta tecnología jugará en la sociedad, ya que apenas se están demostrando algunos de los beneficios más obvios.

En seguida se presentan algunas estadísticas realizadas al inicio de 1994, conjuntamente por Intersys y por la División de Atención de Grandes Usuarios de Teléfonos de México, que reflejan el estado actual del equipo usado en las redes de telecomunicaciones.

En redes instaladas en grandes usuarios se detecta que la topología Ethernet domina con un 55.9 % del total, comparado con un 40.5 % de Token Ring y sólo un 3.6 % de otras, figura 1.3.

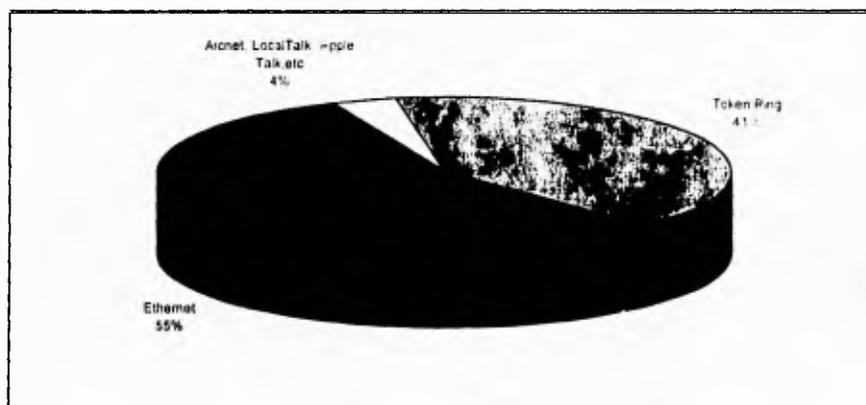


Fig. 1.3

En el sector gobierno la preferencia por redes Ethernet domina con un 88.2 %, en el industrial con el 84.2 % y en el sector servicios con el 79.6 % de la base instalada. Sólo en el sector financiero las redes Ethernet fueron superadas por las redes Token Ring. En el sector financiero, principalmente representado por bancos, se encontró una preferencia por el estándar Token Ring, que representa el 60.5 % de las redes instaladas, comparado con 38.9 % Ethernet y sólo 0.6 % de otras. Un análisis más profundo de esta situación asocia directamente la existencia de Token Ring con la base instalada de IBM en este sector. Típicamente un usuario de tecnología IBM en funciones críticas no desea añadir una variable adicional a su sistema y tiende a seguir "ciegamente" las recomendaciones del proveedor que le ha integrado su solución.

En cuanto a los dispositivos empleados para construir redes de área amplia el estándar X.25 domina con un 46.7 % de las conexiones, seguido por Ruteadores Multiprotocolo con un 21.7 %, Puentes con 20 % y otros con 11.6 %, como se puede ver en la figura 1.4

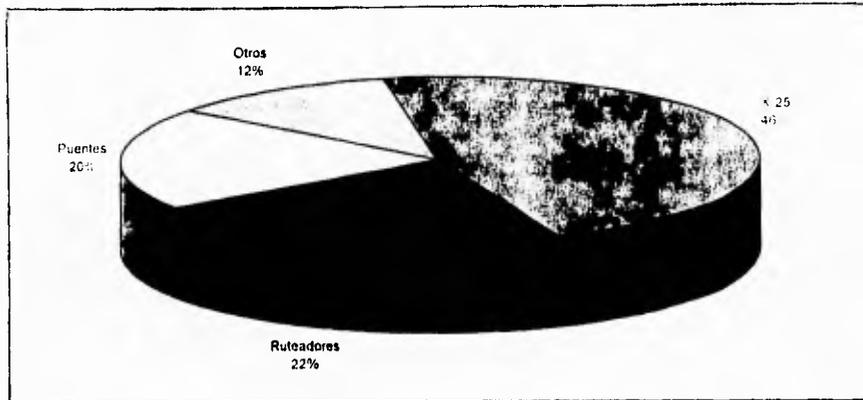


Fig. 1.4

La mayoría de los encuestados manifestaron estar satisfechos con sus redes X.25, aunque paulatinamente las necesidades de transmisión empiezan a rebasar sus capacidades. Específicamente en el sector financiero la gran mayoría se encuentra evaluando alternativas más rápidas y eficientes sobre todo en áreas de Frame Relay (Conmutación rápida de paquetes) y ATM (Modo de Transmisión Asíncrona) en donde existe gran inquietud.

Un objetivo continuo de gran relevancia de la tecnología de redes de telecomunicaciones es ofrecer valor a sus usuarios, no simplemente como un medio de comunicación de voz, datos o imágenes, sino como una plataforma de solución a las necesidades de comunicaciones, este objetivo se cumple con las redes de valor agregado.

En este capítulo tratamos de plantear un panorama de los avances en las telecomunicaciones en México, proporcionando una información general sobre las redes de telecomunicaciones.

CAPITULO 2

CONCEPTOS BASICOS

2.1 ANTECEDENTES

La comunicación se define como el proceso por medio del cual la información se transfiere de un punto llamado fuente, en espacio y tiempo, a otro punto que es el destino o usuario. Un sistema de comunicación es la totalidad de mecanismos que proporcionan el enlace para la información entre fuente y destino. Un sistema de comunicación eléctrica es aquél que ejecuta esta función principal por medio de dispositivos y fenómenos eléctricos. La figura 2.1 muestra los elementos funcionales de un sistema completo de comunicaciones.

Omitiendo los transductores, hay tres partes esenciales en un sistema de comunicación eléctrica, el transmisor, el canal de transmisión y el receptor. Cada uno tiene su función característica.

El transmisor pasa el mensaje al canal en forma de señal. Para lograr una transmisión eficiente y efectiva, se deben desarrollar varias operaciones de procesamiento de la señal. La más común e importante de estas operaciones es la modulación, un proceso que se distingue por el acoplamiento de la señal transmitida a las propiedades del canal, por medio de una onda portadora.

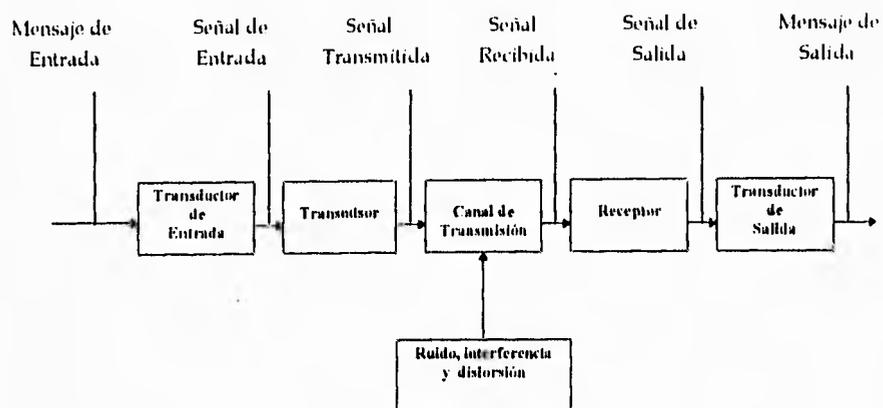


Fig. 2.1 Elementos de un sistema de comunicación

El canal de transmisión o medio es el enlace eléctrico entre el transmisor y el receptor, siendo el puente de unión entre la fuente y el destino. Puede ser un par de alambres, un cable coaxial, una onda de radio o un rayo láser. Sin importar el tipo, todos los medios de transmisión eléctricos se caracterizan por la atenuación, la disminución progresiva de la potencia de la señal conforme aumenta la distancia. La magnitud de la atenuación puede ser pequeña o muy grande. Generalmente es grande y, por lo tanto, es un factor que debe ser considerado.

La función del receptor es extraer del canal la señal deseada y entregarla al transductor de salida. Como las señales son frecuentemente muy débiles, como resultado de la atenuación, el receptor debe tener varias etapas de amplificación. En todo caso, la operación clave que ejecuta el receptor es la demodulación, el caso inverso del proceso de modulación del transmisor, con lo cual vuelve la señal a su forma original.

Durante la transmisión de la señal ocurren ciertos efectos no deseados. Uno de ellos es la atenuación, la cual reduce la intensidad de la señal; sin embargo, son más serios la distorsión, la interferencia y el ruido, los cuales se manifiestan como alteraciones de la forma de la señal. Al introducirse estas contaminaciones al sistema, es

una práctica común y conveniente imputárselas al canal, pues el transmisor y el receptor son considerados ideales.

En términos generales, cualquier perturbación no intencional de la señal se puede clasificar como ruido, y algunas veces es difícil distinguir las diferentes causas que originan una señal contaminada.

La distorsión es la alteración de la señal debida a la respuesta imperfecta del sistema a ella misma. A diferencia del ruido y la interferencia, la distorsión desaparece cuando la señal deja de aplicarse. El diseño de sistemas perfeccionados o redes de compensación reduce la distorsión. En teoría es posible lograr una compensación perfecta. En la práctica debe permitirse cierta distorsión, aunque su magnitud debe estar dentro de los límites tolerables.

La interferencia es la contaminación por señales extrañas, generalmente artificiales y de forma similar a las de la señal. El problema es particularmente común en emisiones de radio, donde pueden ser captadas dos o más señales simultáneamente por el receptor. La solución al problema de interferencia es obvia: eliminar en una u otra forma la señal interferente o su fuente. En este caso es posible una solución perfecta, si bien no siempre práctica.

Por ruido se debe entender las señales aleatorias e impredecibles de tipo eléctrico originadas en forma natural dentro o fuera del sistema. Cuando estas variaciones se agregan a la señal portadora de la información, ésta puede quedar en gran parte oculta o eliminada totalmente. Sin embargo, al igual que en los casos de interferencia y distorsión, el ruido no puede ser eliminado nunca completamente, y es éste uno de los problemas básicos de la comunicación eléctrica.

Otra de las limitantes que afectan a las comunicaciones eléctricas es el ancho de banda.

Los factores fundamentales que controlan el índice y la calidad de la transmisión de información son el ancho de banda de canal B y la potencia S de la señal.

El ancho de banda de un canal es el rango de frecuencia que éste puede transmitir con razonable fidelidad.

El elemento tiempo es una parte integrante de los sistemas de comunicación, la utilización de sistemas eficientes conduce a una reducción de tiempo de transmisión, es decir, que se transmite una mayor información en el menor tiempo. Una transmisión de información rápida se logra empleando señales que varían rápidamente con el tiempo.

Una medida conveniente de la velocidad de la señal es su ancho de banda, o sea, el ancho del espectro de la señal. La transmisión de una gran cantidad de información en una pequeña cantidad de tiempo, requiere señales de banda ancha para representar la información y sistemas de banda ancha para acomodar las señales. Por lo tanto, dicho ancho de banda surge como una limitación fundamental. Cuando se requiere de una transmisión en tiempo real, el diseño debe asegurar un adecuado ancho de banda del sistema. Si el ancho de banda es insuficiente, puede ser necesario disminuir la velocidad de señalización, incrementándose así el tiempo de transmisión.

2.2 COMUNICACIONES ANALOGICAS Y DIGITALES

La forma de transmitir los mensajes puede ser analógica o digital. Por transmisión analógica se debe entender aquellos sistemas en los cuales las formas de onda que conducen la información son continuas. Los mensajes analógicos se caracterizan por tener datos cuyo valor varía en un rango continuo. De manera fundamental, un mensaje digital no es otra cosa que una secuencia ordenada de símbolos obtenidos de un alfabeto de tamaño finito. El objetivo de un sistema de comunicación digital es transmitir el mensaje en un lapso preestablecido con un mínimo de errores.

Las investigaciones en el terreno de la telegrafía por parte de Nyquist y Hartley dieron pie a una teoría general de la comunicación. Pero después, a poco de haber terminado la Segunda Guerra Mundial, Claude Shannon (1948) y Norbert Wiener (1949) expusieron nuevos conceptos que han tenido y continúan teniendo un gran impacto. Tomadas juntas las ideas de Wiener y Shannon, establecieron los cimientos de la teoría

moderna de la comunicación (estadística). Ambos investigadores se ocuparon de la extracción de la información de un fondo de ruido y ambos aplicaron conceptos estadísticos al problema. Hubo sin embargo diferencias en los esfuerzos realizados.

Wiener trató el caso cuando las señales que conducen información están más allá del control del diseñador, total o parcialmente y todo el procesamiento se desarrolla en el extremo receptor. Entonces es posible establecer el problema de esta manera: dado el conjunto de las señales posibles, sin que se puedan elegir, más el inevitable ruido, ¿cómo hacer la mejor estimación de los valores presentes y futuros de la señal que se está recibiendo? Las soluciones óptimas para este problema se tratan en la disciplina conocida como teoría de la detección.

El trabajo de Shannon tiene una analogía, más íntima de lo que se pueda pensar, con la comunicación, donde el procesamiento de la señal puede efectuarse tanto en el transmisor como en el receptor. Shannon estableció este problema: dado el conjunto de mensajes posibles que una fuente puede producir, no de nuestra elección, ¿cómo se representarán los mensajes para que la información sea conducida de la mejor manera sobre un sistema dado, con sus limitaciones físicas inherentes? Para manejar este problema en términos muy generales, es necesario concentrarse más en la información en sí que en las señales, y el enfoque de Shannon fue propio rebautizado como teoría de la información.

La teoría de la información es un tema matemático que trata con tres conceptos básicos: la medida de la información, la capacidad de un canal de comunicación para transferir información y la codificación como un medio de utilizar los canales a toda su capacidad. Estos conceptos están ligados en el que se puede designar como teorema fundamental de la teoría de la información, el cual es resumido así:

“Dada una fuente de información y un canal de comunicación, existe una técnica de codificación tal que la información se puede transmitir sobre un canal a cualquier rapidez menor que la capacidad del canal y una frecuencia de errores arbitrariamente pequeña no obstante la presencia de ruido.”

El aspecto más significativo de este problema es la transmisión libre de errores sobre un canal ruidoso, una condición que se obtiene por medio del uso de la codificación. En esencia, la codificación se emplea para acoplar la fuente y el canal, a fin de que sea completamente segura la transferencia de información.

La tarea del receptor, como ya se mencionó anteriormente, consiste en extraer un mensaje de una señal distorsionada y afectada por ruido a la salida del canal. La extracción del mensaje es por lo general más fácil en las señales digitales que en las señales analógicas. Considerando una señal digital y como ejemplo un caso binario: se codifican dos símbolos como pulsos rectangulares con diferente amplitud. La única decisión en el receptor será la selección entre dos pulsos recibidos posibles, no entre los detalles de la forma del pulso; la decisión se toma rápidamente con razonable certidumbre, aun si los pulsos se encuentran distorsionados y afectados por ruido. En consecuencia, un sistema de comunicación digital puede transmitir mensajes con mayor exactitud, en presencia de distorsión y ruido, que un sistema analógico.

La posibilidad de utilizar repetidores regenerativos es una ventaja adicional para la comunicación digital. Una estación repetidora detecta los pulsos y transmite nuevos pulsos limpios, combatiendo en esta forma la acumulación de distorsión y de ruido, y permitiendo la transmisión de información a través de distancias más largas y con más exactitud.

En contraste con los mensajes digitales, la forma de onda de los mensajes analógicos es importante (excepto cuando la información va en la frecuencia), y aún una leve distorsión o interferencia en la forma de la onda ocasionará un error en la señal recibida. Existe una dificultad adicional: un repetidor regenerativo no es viable para las señales analógicas, ya que el ruido y la distorsión, no importa lo pequeños que sean, no podrán ser eliminadas de una señal. Como resultado de lo anterior, la distorsión y la interferencia por ruido son acumulativas a través de toda la trayectoria de transmisión. La amplificación es de escasa ayuda, ya que acentúa la señal y el ruido en la misma proporción. En consecuencia, la distancia a través de la cual se puede transmitir un mensaje analógico es limitada por la potencia del transmisor. No obstante, la comunicación analógica está siendo ampliamente utilizada a pesar de estos problemas. Cabe señalar que existe una tendencia a reemplazar los sistemas analógicos por sistemas

digitales, ya que estos últimos han venido a ser más económicos debido a una dramática reducción de costos lograda en la fabricación de circuitos digitales.

La tendencia actual en comunicaciones es digitalizar toda la información antes de transmitirla, debido a que las técnicas digitales de protección contra el ruido han resultado más efectivas que las analógicas

Existe un punto en común entre las señales analógicas y digitales (conversión A/D). El espectro de frecuencia de una señal indica las magnitudes relativas de las diferentes componentes de la frecuencia. El teorema del muestreo establece que si la frecuencia más alta del espectro de la señal es B (en Hz), la señal se puede reconstruir a partir de sus muestras, tomadas a una razón no menor que $2B$ muestras/segundo. Esto significa que para transmitir la información dentro de una señal continua, se necesitan transmitir sólo sus muestras, como lo muestra la figura 2.2a. Sin embargo, los valores de las muestras nos son todavía digitales ya que se encuentran dentro de un rango continuo y pueden tomar cualquier número infinito de valores del rango. Esta dificultad se resuelve mediante lo que se conoce como cuantificación, en donde cada muestra se aproxima, o redondea, al nivel cuantificado más próximo, como se muestra en la figura 2.2b. Las amplitudes de la señal $m(t)$ están dentro del rango $(-m_p, m_p)$, que se subdivide en L intervalos, cada uno con magnitud $\Delta v = 2m_p/L$. La magnitud de cada muestra se aproxima al punto medio del intervalo en el cual cae el valor de la muestra. Cada muestra se aproxima ahora a uno de los L números. La información queda así digitalizada.

La señal cuantificada es una aproximación de la señal original. Se puede mejorar la exactitud de la señal cuantificada a cualquier grado que se desee aumentando el número de niveles L . Para la inteligibilidad de las señales de voz, por ejemplo $L = 8$ ó 16 será suficiente. Para uso comercial $L = 32$ es un mínimo, y para comunicación telefónica se usa comúnmente $L = 128$ ó 256 .

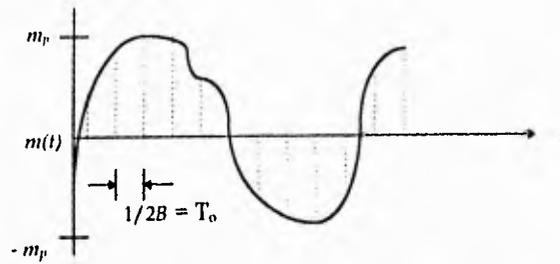


Fig. 2.2a Muestreo de una señal

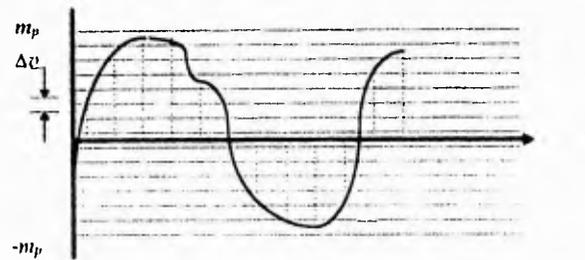


Fig. 2.2b Cuantificación de una señal

Durante cada intervalo de muestreo T_0 , se transmite una muestra cuantificada, la cual toma uno de los L valores. Esto requiere de L distintas formas de onda, cada una de duración T_0 . Se pueden construir éstas utilizando un pulso básico rectangular para formar L distintas formas de onda que se asignarán a los L valores que se van a transmitir. Una de las formas de hacer el muestreo es mediante el caso binario, en donde la señalización se lleva a cabo por medio de sólo dos pulsos (ó símbolos) básicos.

El caso binario tiene gran importancia práctica debido a su simplicidad y facilidad de detección. Virtualmente, toda la comunicación digital hoy en día es binaria.

Para desarrollar o seleccionar un código digital se deberá tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

- a) Minimizar la longitud del código
- b) Darle protección contra errores del receptor.
- c) Hacer que el código lleve suficiente información de base de tiempo (reloj) para garantizar la sincronía del receptor.

- d) Darle a la señal digital un espectro de frecuencia adecuado para que pueda viajar sin dificultad a través del medio de transmisión disponible; esto implica generalmente eliminar la componente de corriente directa, reducir la amplitud de las componentes de baja frecuencia e impedir la presencia de componentes de frecuencia alta.
- e) Darle a la señal inmunidad contra la inversión de fase, esto es, que si eventualmente la señal se invierte pueda ser decodificada en el receptor sin problemas.
- f) No permitir la propagación de errores, es decir que si el receptor se equivoca al reconocer un bit esto no propicie que se equivoque con los bits siguientes.

Una sola técnica de codificación no puede cumplir con las seis condiciones anteriormente enunciadas por lo que se han desarrollado diversos tipos de códigos digitales como son NRZ (*No Return to Zero*), RZ (*Return to Zero*), bifásico, códigos multinivel, BNZS (*Binary N Zero Substitution*), HDB3 (*High Density Bipolar Three*), código de relación, DMM (*Delayed Modulation Mark*) y SPM (*Split Phase Mark*).

2.2.1 MODULACION ANALOGICA Y DIGITAL

Las señales de banda base producidas por diferentes fuentes de información no son siempre adecuadas para la transmisión directa a través de un canal dado. Estas señales son en ocasiones fuertemente modificadas para facilitar su transmisión. Este proceso de conversión se conoce como modulación.

El éxito de un sistema de comunicación depende en gran parte de la modulación, tan es así que el tipo de modulación es una decisión alrededor de la cual gravita el diseño del sistema y por esta razón muchas técnicas de modulación han evolucionado y cubierto diversas tareas y requisitos de muchos sistemas. Y conforme aparezcan nuevas exigencias se desarrollarán nuevas técnicas.

En general, en sistemas de comunicación es posible identificar dos tipos básicos de modulación, en relación a la clase de onda portadora: la modulación de onda continua (modulación analógica), en la cual la portadora es simplemente una forma de onda senoidal, y la modulación de pulsos (modulación digital), en la cual la portadora es un tren periódico de pulsos.

Puesto que la modulación de onda continua es un proceso continuo, es posible adaptarla a señales que están variando constantemente con el tiempo. Por lo general, la portadora senoidal es de mayor frecuencia que cualquiera de las componentes de frecuencia contenidas en la señal moduladora. El proceso de modulación se caracteriza pues por una traslación de frecuencia, es decir, el espectro del mensaje (su contenido en frecuencia) se corre hacia arriba a otra banda de mayor frecuencia.

La modulación de pulsos es un proceso discontinuo o discreto, en el sentido de que los pulsos aparecen sólo en ciertos intervalos de tiempo. Por eso la modulación de pulsos se adapta mejor a los mensajes que son discretos por naturaleza. Con la ayuda del muestreo, las señales que varían continuamente pueden ser transmitidas sobre portadoras pulsadas.

En la modulación analógica, el parámetro modulado varía en razón directa a la señal moduladora. En la modulación digital, ocurre una transformación digital, por medio de la cual el mensaje se cambia de lenguaje simbólico a otro. Si el mensaje es originalmente una función continua del tiempo, debe ser muestreado y digitalizado (cuantificado) antes de ser codificado.

La modulación debe ser siempre un proceso reversible, independientemente del caso que se trate, de tal manera que el mensaje pueda ser recuperado en el receptor por medio de la operación complementaria de demodulación.

La modulación por pulsos codificados (PCM) es una modulación digital en la que el mensaje se representa por medio de un grupo codificado de pulsos digitales. La modulación en delta (DM) y la modulación diferencial por pulsos codificados (DPCM) son variantes de la modulación por pulsos codificados.

En la modulación analógica, el parámetro modulado varía en forma continua y puede tomar cualquier valor de los correspondientes al intervalo del mensaje. Cuando la onda modulada se altera con el ruido existente en el medio, no hay en el receptor forma de distinguir el valor transmitido exacto. Sin embargo, si los valores discretos para el parámetro modulado tienen una gran separación en comparación con las perturbaciones de ruido, será algo sencillo decidir en el receptor con precisión los valores específicos que fueron enviados. Así, se pueden eliminar de manera virtual los efectos del ruido aleatoria, lo cual constituye el objetivo de la modulación por pulsos codificados. En forma colateral, la propiedad de amplitudes discretas se puede emplear en los sistemas de este tipo de modulación para larga distancia con repetidores regenerativos, con lo que se gana una ventaja adicional sobre las demás formas de transmisión analógica.

Los métodos de modulación digital se usan para la transmisión de señales PCM por medio de canales pasobanda. Los métodos de modulación binaria que se usan son de conmutación de corrimiento de amplitud ASK, conmutación de corrimiento de frecuencia FSK y conmutación de corrimiento de fase, PSK. En estos métodos, la amplitud, la frecuencia, o la fase de una senoidal se conecta en respuesta a la entrada PCM.

El uso del filtro acoplado en la detección de ruido, hace que el PSK requiera hasta 3 dB menos de potencia media de la señal que el ASK o el FSK para una probabilidad de error dada. Sin embargo, el PSK necesita una detección coherente, mientras que para el ASK y el FSK la detección que se use puede ser coherente o no. El PSK diferencial (DPSK) se usa para ganar la mayor ventaja del PSK, e incluso evitar la necesidad de la sincronización en la detección. Para un rendimiento de error dado, el FSK necesita de 3 dB menos de potencia pico que el ASK, aun cuando su promedio de potencia necesaria sea similar. Las elecciones más comunes de sistemas son PSK, DPSK y FSK no coherente.

La PSK de cuadratura (QPSK) utiliza los principios de la multiplexión de cuadratura para ofrecer el doble de la capacidad de la razón de bits que la de la PSK binaria (BPSK) dentro del mismo ancho de banda.

La conmutación de mínimo corrimiento (MSK) es un ejemplo de FSK coherente en que la fase de la onda modulada es continua y el corrimiento de frecuencia es tal que hay una diferencia de medio ciclo en el intervalo de bit.

2.3 TIPOS DE MULTIPLEXAJE

Se llama multiplexaje al proceso de combinar varios canales de comunicación con ciertas señales de entrada, en un solo canal de salida para su transmisión. Lo anterior implica que el canal "multiplexado" debe ser de capacidad mayor a los canales de comunicación que se multiplexarán, ya que el primero debe contener toda la información de los últimos, respetando la capacidad de cada uno. Es decir, la función principal del multiplexaje es proveer un medio para compartir una línea de comunicaciones entre diversas estaciones de trabajo y/o unidades de procesamiento de información que deseen transmitir ésta. Esta acción conlleva a una reducción de los costos de operación, ya que se economizan, entre otros, puertos del procesador central, *modems*, líneas telefónicas o de otro tipo, tiempo, etc. Por otra parte, las señales que pueden ser multiplexadas pueden tener una naturaleza muy diversa, ya sea una señal de voz analógica, una señal de voz digitalizada, datos de telemetría, un facsímil digital, etc.

El multiplexaje se utiliza ya que suele incrementar el número de canales de comunicación que pueden ser utilizados a través de una conexión física.

Existen diferentes tipos de multiplexaje. Los más importantes son los siguientes:

- Multiplexaje por división de espacio.
- Multiplexaje por división de fase.
- Multiplexaje por división de amplitud.
- Multiplexaje por división de tiempo (TDM: *Time División Multiplexing*).
(igualitario, ponderado o estadístico).
- Multiplexaje por división de frecuencia (FDM: *Frequency División Multiplexing*).

Los tres primeros tipos de multiplexaje no se aplican con frecuencia. Su utilización no es muy común en el área de comunicaciones.

El multiplexaje por división de espacio implica la transmisión de algunas señales con la misma frecuencia, al mismo tiempo, pero a través de vías diferentes.

El multiplexaje por división de fase se utiliza en algunos sistemas de televisión, cuyas señales llevan la misma frecuencia y se transmiten al mismo tiempo y por el mismo medio, sin embargo llevan diferente fase, es decir, éstas señales no van sincronizadas entre sí, sino que van adelantadas o atrasadas cierto ángulo con respecto a las demás.

El multiplexaje por división de amplitud, es la transmisión de algunas señales con misma frecuencia, al mismo tiempo, por el mismo ducto, pero con diferente amplitud.

Considerando que los tipos de multiplexaje FDM, TDM y TDM estadístico son los que tienen mayor uso nos enfocaremos con mayor amplitud a ellos.

Multiplexaje por división de Tiempo (TDM)

Este tipo de multiplexaje se utilizó en sus inicios en forma analógica. Sin embargo, debido a que una señal analógica es en exceso susceptible a distorsión por ruido o interferencias, actualmente casi todos los sistemas de multiplexión por división de tiempo funcionan con señales digitales, que son más fáciles de recuperar sin tantas alteraciones.

Básicamente, el multiplexaje por división de tiempo TDM consiste en compartir un medio de transmisión estableciendo una secuencia de ranuras o canales llamados *slots* (por su traducción al inglés), que duran determinado tiempo fijo y que perteneces cada uno a una determinada fuente de información. De esta manera, el ancho de banda completo es periódicamente aprovechado por cada usuario durante un intervalo de tiempo restringido. Se transmiten señales por el mismo ducto y frecuencia en diferente tiempo.

Por lo general, los *slots* de tiempo son de igual duración o longitud. A cada subcanal, que es cada uno de los canales que se van a multiplexar, se le asigna un *slot* de tiempo con una repetición periódica. El conjunto de los *slots* pertenecientes a cada canal de entrada o subcanal dentro de un ciclo de muestreo, se acomodan dependiendo del orden en que fueron muestreados, para ser transmitidos por la línea multiplexada. La secuencia de *slots* ordenados que pertenecen a un ciclo de muestreo se llama "trama".

En la figura 2.3 se aprecia un esquema de la manera en que se forma una trama de *slots* de tiempo que son asignados a cada usuario.

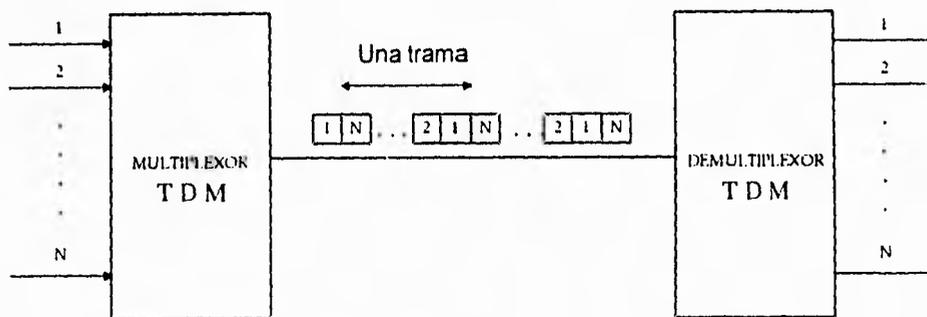


Fig. 2.3 Multiplexaje por División de Tiempo.

El tipo de multiplexaje TDM puede verse como la operación de un *switch* de muestreo. El multiplexor primero genera un bit de sincronía de trama, el cual especifica el final de una trama y el inicio de otra. Posteriormente, el multiplexor toma muestras rápidamente de cada una de las líneas de entrada, colocándolas en su ranura de tiempo correspondiente de acuerdo con la trama en uso. El resultado es una cadena de datos conteniendo la información de cada canal, ordenados uno después de otro conforme fueron muestreados. La trama completa es un ciclo del proceso de muestreo o varias repeticiones. Las muestras pueden ser llenadas con un bit o con varios, es decir que se tendrán uno o más bits por muestra, dependiendo de la configuración y la manera en que se desee llevar a cabo el muestreo. En el lado de recepción, la señal multiplexada es ordenada nuevamente para cada una de las señales mediante otro *switch* de muestreo con la misma configuración de las ranuras de tiempo de la transmisión. Las señales ya reconstruidas son dirigidas a las salidas correspondientes. Cuando cada canal de

entrada tenga igualdad en cuanto al número de bits que llevará su ranura de tiempo, podemos decir que tenemos un sistema de multiplexaje TDM igualitario.

También podemos encontrar que determinadas señales, dentro de todas las que van a ser multiplexadas, pueden tener una mayor preferencia en cuanto a las veces que serán muestreadas dentro de una trama o ciclo de muestreo, es decir, puede ser que mientras para algunas señales se tome una sola muestra por trama, otras se muestrearán dos, tres o más veces en cada ciclo. A esto se le llama TDM ponderado.

En el caso de estos dos sistemas de multiplexaje por división de tiempo, encontramos que la suma de las velocidades de transmisión de todos los canales de entrada debe ser menor o igual, en su caso, a la velocidad del canal de transmisión multiplexado, en donde se combinarán todos los canales a transmitir, cumpliéndose la siguiente restricción:

$$\sum v_i \leq V$$

v_i = velocidad de canal de entrada

V = Velocidad de canal multiplexado.

En la figura 2.4 que se muestra a continuación se puede apreciar la forma en que se llevan a cabo el TDM a) igualitario y b) ponderado.

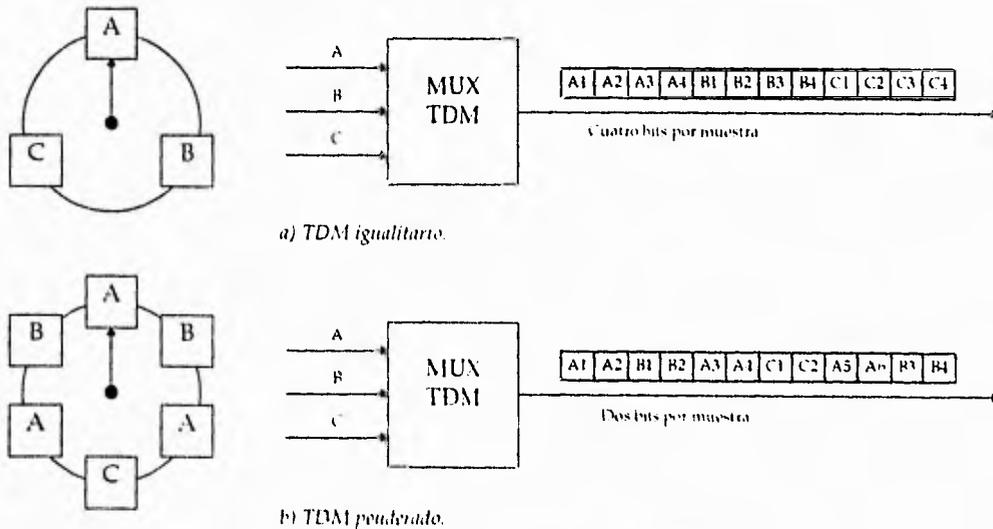


Fig. 2.4 Esquema de muestreo para TDM igualitario y ponderado.

Los sistemas mostrados arriba implican que si algún dispositivo es desconectado y dejase de transmitir datos, mientras no sea cambiada la configuración de muestreo del multiplexor, los *slots* de tiempo dedicados a esta seguirán formando parte de la trama y en lugar de ser aprovechados dentro del ancho de banda del canal multiplexado, serán tiempos muertos u ociosos dentro de éste y se estará desperdiciando una gran parte del canal.

Como solución a lo anterior se creó otro tipo de sistema de multiplexaje, el cual se conoce como TDM estadístico. Éste es una variante del TDM en el cual se trata de aprovechar los tiempos ociosos o muertos de las líneas de comunicaciones multiplexadas.

Por lo general, en un ambiente interactivo normal, las líneas de comunicación estarán más tiempo ociosas que ocupadas. Si se tiene un esquema de TDM igualitario y agregamos una pregunta a cada canal antes de darle la oportunidad de transmitir se tendrá entonces un esquema de TDM estadístico. Sin embargo, además es necesario que se agreguen bits o bytes adicionales a la trama con la dirección del destino de cada elemento de ésta, para que el demultiplexor conectado en el otro extremo pueda inferir para donde van los datos. En la figura 2.5 se muestra un esquema de TDM estadístico.

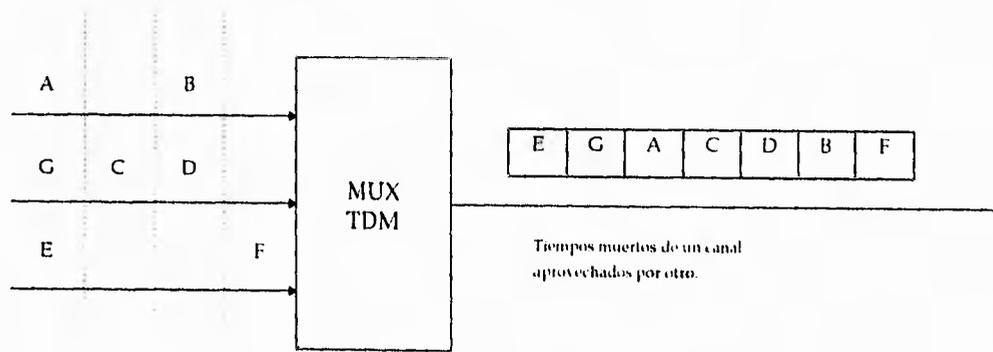


Fig. 2.5 Esquema ilustrativo sobre el TDM estadístico.

Una ventaja fundamental de este sistema es que la restricción marcada anteriormente se rompe, es decir, se podrá tener un canal de comunicación multiplexado, que soporte los mismos canales de entrada que en un sistema TDM ponderado o igualitario, pero de menor ancho de banda.

Sin embargo, existe una desventaja en cuanto al TDM estadístico y estriba en el hecho de que si en algún momento los equipos que proporcionan las señales de entrada dejaran de estar ociosos y transmitieran todos a la vez a su máxima velocidad, la línea de salida no tendría la capacidad suficiente para manejarlos. Por esta razón, es que los equipos requieren estar provistos de una memoria temporal, en la cual se pueden retener flujos cortos de datos que harán "cola" para ser transmitidos. Mientras más memoria tenga un equipo será más caro, pero podrá soportar mayor cantidad de datos.

Es obvio que debe existir una sincronía entre el multiplexor y el demultiplexor que se encuentren conectados, para lograr entregar las señales a su destino final. Sin embargo esto es difícil de lograr ya que existen factores como la temperatura, que afectan la velocidad de propagación de los datos sobre la línea, de manera que ésta puede aumentar o disminuir. Si la velocidad aumenta los datos se "guardarán" temporalmente en la memoria del equipo (se conoce como almacenamiento elástico), pero si por el contrario, disminuye, entonces el demultiplexor tendrá espacios vacantes sin datos, los cuales es necesario "llenar" (se conoce como justificación). Como solución a este problema se utilizan técnicas de llenado de pulsos. Existen tres técnicas para el llenado de pulsos:

1. **Llenado de pulsos positivos.** Se tiene que la velocidad de muestreo del demultiplexor es ligeramente mayor a la del multiplexor, de manera que los datos tienden a retrasarse. En alguna etapa del proceso se determina en donde es que se insertan los bits de "relleno". La información acerca de la posición de los bits de relleno se transmite en los bits de control y mediante ellos el receptor los detecta y los elimina.

2. **Llenado de pulsos negativos.** En esta ocasión la velocidad de muestreo del receptor es ligeramente menor a la del transmisor, de manera que algunos pulsos de las señales no pueden acomodarse dentro de la señal multiplexada. La información acerca de los pulsos que se dejan fuera y de su posición se hace a través de las señales de control.

3. **Llenado de pulsos positivos-negativos.** Esta es una combinación de los dos anteriores. Algunas veces se necesitará llenar con pulsos negativos y otras con pulsos positivos. Toda esta información se transmite a través de los bits de control.

Debido a la gran cantidad de capacidades que se pueden encontrar en los canales de multiplexaje para telefonía, se utiliza una jerarquía en cuanto a éste, es decir, se multiplexan datos por nivel de capacidad. Se concentran líneas multiplexadas con un ancho de banda pequeño, como entradas a otro multiplexor con salida de mayor capacidad y a su vez, ésta se conecta a otro multiplexor junto con otras líneas de igual capacidad para multiplexarlas a mayor capacidad. Con el fin de que no se tengan problemas con la gran variedad de jerarquías que pueden tenerse, existen estándares sobre ésta. Los estándares más comunes son el establecido por la compañía AT&T, utilizado por Norte América y Japón y el establecido por la CCITT. En las tablas siguientes se muestran dichas jerarquías.

Número de Señales Digitales (DSN)	Número de Circuitos de Voz	Designación de Multiplexor	Rango de Velocidad de Bits (Mbps)	Medio de Transmisión
DS1	24	Banco de Canales Digitales (24 entradas digitales)	1.544	Cable de pares T1
DS1C	48	M1C (2 entradas DS1)	3.152	Cable de pares TIC
DS2	96	M12 (4 entradas DS1)	6.312	Cable de pares T2
DS3	672	M13 (28 entradas DS1)	44.736	Radio Fibra óptica
DS4	4032	M34 (6 entradas DS3)	274.176	Coaxial T4M Guía de onda WT4 Radio

Tabla 2.1 Señales TDM digitales de Norte América y Japón.

Número de Nivel	Número de Circuitos de voz	Designación de Multiplexor	Rango de Velocidad de Bits (Mbps)
CEPT1	30		2.048
CEPT2	120	M12	8.448
CEPT3	480	M23	34.368
CEPT4	1920	M34	139.264
CEPT5	7680	M45	565.148

Tabla 2.2 Jerarquía de TDM digital de CCITT.

Multiplexaje por División de Frecuencia (FDM)

Este tipo de multiplexaje consiste en proporcionar un medio de comunicación común para transmisión de señales al mismo tiempo, pero a diferente frecuencia. El medio de transmisión poseerá un ancho de banda de frecuencia amplio y específico, el cual se dividirá en un número de bandas de menor tamaño igual al número de canales que se desean multiplexar. Cada banda pertenece a un usuario, siendo ésta completamente exclusiva de cada canal. De esta manera se logra que en cualquier instante de se tengan todos los canales transmitiendo a la vez, en diferentes frecuencias. Esto significa cierto ahorro en los tiempos finales de la transmisión, lo cual es la principal ventaja de este método.

El método utilizado para lograr el multiplexaje de frecuencias es la translación de éstas, es decir, todas las señales estarán mezcladas en el dominio del tiempo, pero su espectro de frecuencia se encuentra separado uno de otro, de manera que ocupan diferentes bandas de frecuencia. En el lado receptor se pueden recuperar las señales originales utilizando los filtro apropiados para ello.

En la figura 2.6 se aprecia un esquema de la distribución de las bandas asignadas a un grupo de señales mientras viajan por el medio de transmisión al mismo tiempo y se propagan por un medio común.

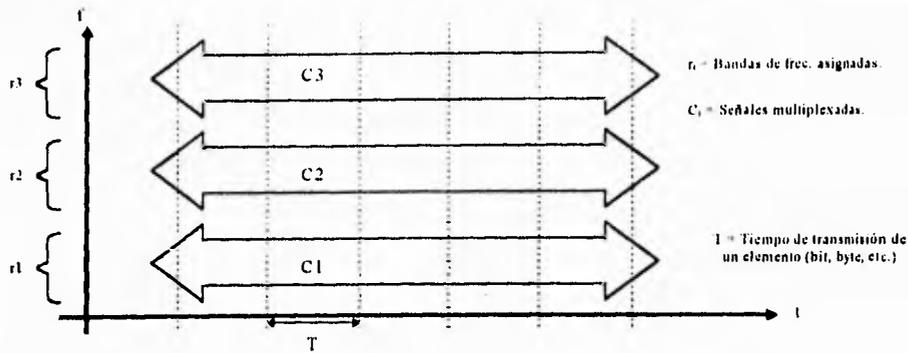


Fig. 2.6 División del ancho de banda en canales simultáneos (FDM).

Debido a que la modulación de doble banda lateral tiene un gran desperdicio de ancho de banda, se utiliza la modulación de banda lateral única siempre que los costos lo justifiquen. Las frecuencias portadoras coinciden con los límites inferiores o superiores de cada subcanal, dependiendo de la banda que se haya escogido, superior o inferior. Por ejemplo el multiplexor de banco de canales de voz de AT&T utiliza las bandas laterales inferiores en su modulación. De lo anterior se deduce que cada canal, al ser multiplexado en frecuencia y por lo tanto trasladado en el espectro, tendrá su frecuencia portadora, y por lo mismo, se necesitarán tantas frecuencias portadoras como número de canales multiplexados.

Para lograr la translación de frecuencias es necesario primero modular la señal, para ello se utiliza un mezclador de frecuencias al que se le suministran el canal de voz que se va a transmitir y la frecuencia portadora que se le ha asignado, obteniéndose dos bandas a cada lado de la portadora. Para eliminar una de las bandas (la que se haya escogido) es necesario hacer pasar la señal a través de un filtro pasobanda que la suprimirá.

En el lado receptor, cada canal será recuperado al filtrar cada canal nuevamente con un filtro pasobanda sintonizado con la frecuencia portadora que lleve dicho canal. Posteriormente, la señal ya filtrada es demodulada para poder obtener la señal original.

Cada banda o canal deberá estar separado de los que lo preceden y suceden con, por lo menos el doble de la frecuencia portadora.

En la figura 2.7 se muestra el banco multiplexor A5 de AT&T, en el que se puede apreciar la manera en que se trasladan las frecuencias y les es eliminada una de las bandas laterales para así obtener el canal multiplexado.

Para lograr la multiplexación o multicanalización en frecuencia es posible utilizar diferentes tipos de modulación. Un ejemplo de esto es la banda de FM en donde todas las señales de dicha banda se encuentran moduladas a diferentes frecuencias portadoras transmitiéndose éstas a través del aire en una banda de frecuencias determinada. Con este tipo de modulación se ha logrado transmitir hasta 1800 canales mediante enlaces de microondas. De igual manera se tiene la banda de AM, y además esta forma de modulación con sus variantes DSB (Doble banda lateral) y SSB (Banda lateral única) han sido utilizadas para multiplexar señales independientes. Con esta última forma de modulación se logra multicanalizar hasta 600 canales.

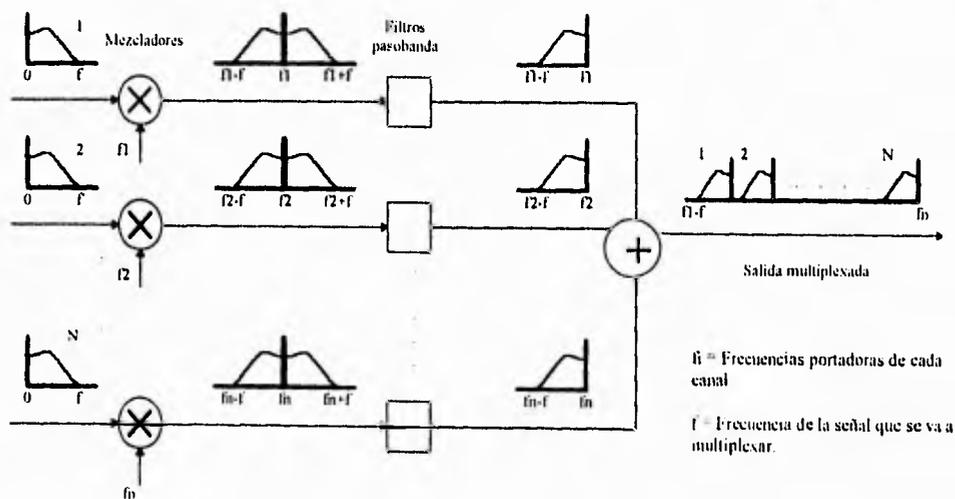


Fig. 2.7 Funcionamiento del banco de multiplexaje A5 de AT&T.

Al igual que en TDM, existe una jerarquía para el multiplexaje de las señales en frecuencia, la cual está en función de la capacidad de los multiplexores, y que sirve para estandarizar la variedad de las transmisiones en banda ancha.

Para lograr una jerarquía en cuanto a telefonía, se utilizan tres niveles de multicanalización que emplean SSB en cada nivel, para obtener una combinación final de 600 canales de voz. Primero se multiplexan 12 canales de voz con un ancho de banda de 4kHz cada uno, para formar un **grupo** que cubra el intervalo entre 60 y 108 kHz. Posteriormente se combinan 5 grupos como el anterior a su vez, para formar un **supergrupo**, que cubre el intervalo de 312 a 552 kHz. Por último se agrupan 10 supergrupos para formar un **grupo maestro**, según la norma de Bell System, o 5 supergrupos según la norma de CCITT. Existen otras normas que proveen hasta un máximo de hasta 230000 canales de voz.

En la figura 2.8 se muestra un esbozo para ilustrar la manera en que se jerarquizan los multiplexajes de frecuencia para canales de voz, y posteriormente se proporciona una tabla que muestra las normas de jerarquía de Bell Network para dicho sistema de FDM.

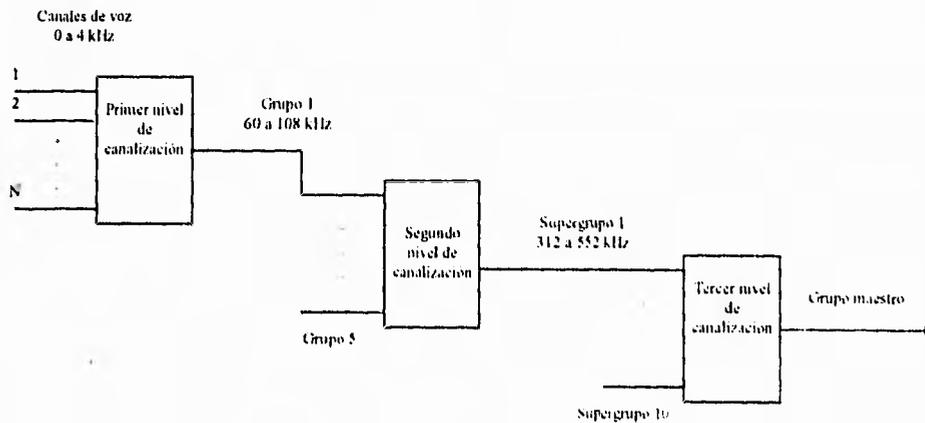


Fig. 2.8 Jerarquía de FDM de Norte America

Nivel de Multiplexaje	Número de Circuitos de Voz	Formación	Banda de Frecuencia (kHz)
Canal de voz	1		0 - 4
Grupo	12	12 canales de voz	60 - 108
Super grupo	60	5 grupos	312 - 552
Grupo maestro	600	10 supergrupos	564 - 3084
Supergrupo multiplexado	1200 - 3600	Variado	312 ó 564 - 17548
Grupo jumbo	3600	6 grupos maestros	564 - 17548
Grupo jumbo multiplexado	10800	3 grupos jumbo	3000 - 60000

Tabla 2.3 Jerarquía de FDM de Bell System.

Por lo general un equipo TDM tiene capacidad de programación de puertos para transferencia de información en forma síncrona o asíncrona. En lo subsecuente será común hablar de éstas modalidades de transmisión, razón por la cual referiremos un pequeño apartado a los modos de transmisión síncrona, asíncrona y paralela, aunque esta última no sea ocupada por la mayoría de los equipos de comunicaciones.

Modalidades de transmisión de datos.

Existen diferentes tipos de llevar a cabo una transmisión de datos. La modalidad de transmisión se refiere a la existencia o no de una irregularidad o intervalo no constante entre dos eventos consecutivos que ocurren en una línea de comunicaciones. Razón por la cual referimos un pequeño apartado a los modos de transmisión síncrona y asíncrona.

Transmisión Serie

La transmisión en forma serie es la más utilizada, ya que la cantidad de hilos que necesita para llevar a cabo la transmisión pueden ser entre 2 o 4 hilos. En este tipo de transmisión la palabra de información se manda bit por bit. La modalidad de

transmisión se refiere a la existencia o no de una irregularidad o intervalo no constante entre dos eventos consecutivos que ocurren en una línea de comunicaciones.

En nuestro caso, hablaremos solamente de dos tipos de transmisión serie que son la transmisión serie asíncrona y la transmisión serie síncrona. Ambas difieren en la forma de sincronizar el envío de determinada palabra (*byte*) de n bits a través de las líneas de comunicación, en el primer caso el tiempo transcurrido entre palabra y palabra no es constante ni determinable, sin embargo el tiempo asignado a un bit es siempre el mismo, para el segundo caso, el tiempo transcurrido entre palabra y palabra es nulo. Esto se puede observar en la siguiente figura :

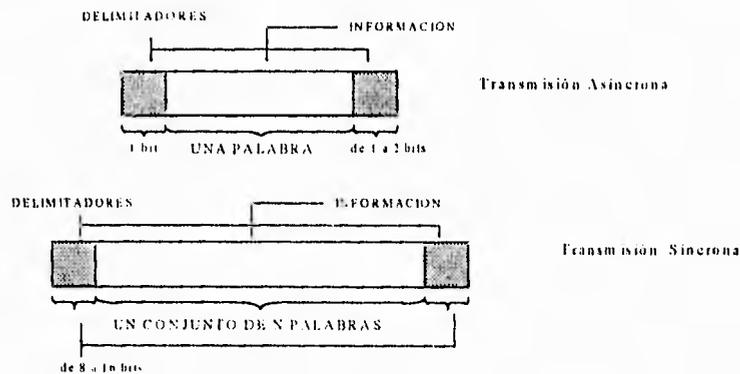


Fig 2.9 Transmisión síncrona y asíncrona

- Transmisión serie síncrona

En la transmisión serie asíncrona los datos se sincronizan gracias a que cada palabra (7 ó 8 bits) es indicada por una cabecera generalmente de 1 bit conocido como bit de inicio (*ST: Start*), el final de la palabra también se indica con 1 ó 2 bits de parada (*SP: Stop*) , si existe solo un bit de paro, quiere decir que estamos ocupando un bit de paridad, donde indicamos si la palabra tiene un número de "1" lógicos par o impar. El bit de inicio indica al circuito receptor que a continuación vienen datos con duración constante para formar una palabra transmitida, mientras que el o los bits de parada indican la finalización de los datos. Ambos bits son insertados y eliminados por los adaptadores de comunicaciones de los equipos. Entre palabra y palabra puede ocurrir

un lapso de tiempo grande o pequeño, así como también puede ser inmediata la transmisión de éstas. Lo anterior se puede apreciar en la figura 2.11

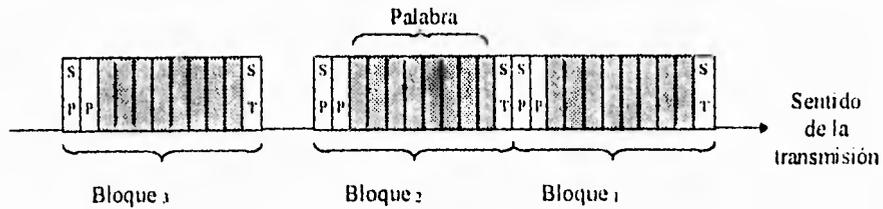


Fig. 2.10 Transmisión asincrónica

El rendimiento proporcionado por este sistema es tan solo de 72% (generalmente) ya que de 11 bits transmitidos, solo 8 llevan información.

- Transmisión Síncrona

En este caso además de transmitir los datos de información, también se transmite un reloj de sincronización, este reloj de sincronización se puede mandar ya sea por un hilo dedicado al reloj ó mas comúnmente mediante un código de línea, el cual se introduce en los datos mediante una regla de codificación que depende del código a utilizar (NRZ, , BNZS, HDB3, etc.), sin embargo, en cualquier ley de codificación se toma siempre como base la señal de reloj, de modo que al llegar los datos transmitidos al equipo receptor, este toma el reloj de los mismos y logra con esto una perfecta sincronía. En este tipo de transmisión, no se necesita bit de inicio o bit de paro, por lo que existe regularidad entre las palabras de un bloque. La figura 2.12 muestra de forma general la transmisión serie síncrona.

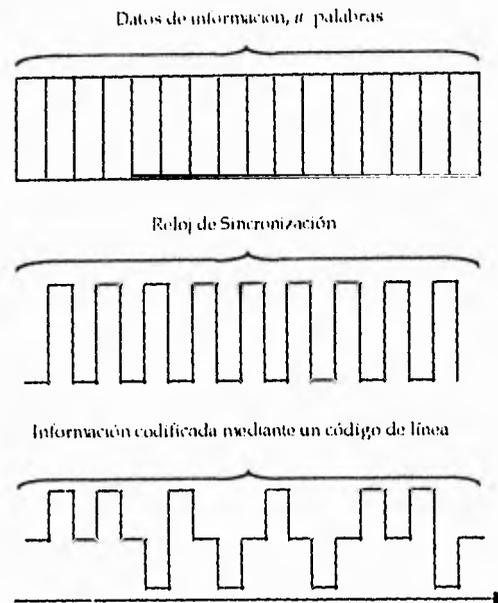


Fig. 2.11 Transmisión sincrónica.

Las principales características que presenta este tipo o modo de transmisión son las siguientes:

- Los datos se almacenan temporalmente en un registro (buffer) antes de su transmisión.
- Los datos se transmiten en bloques y no carácter a carácter.
- Los pulsos de sincronización regulan el espacio de los bits y no el adaptador.
- Existe un esquema definido y uniforme para la transmisión de los bits del mensaje.
- No se utilizan bits de inicio y parada por lo que el largo total es generalmente menor.
- Usualmente la transmisión de datos sincrónica permite mayores velocidades que la asíncrona.

En la transmisión sincrónica, la información transmitida queda delimitada entre una cabecera y una terminación dependiendo del protocolo de comunicación utilizado. El

rendimiento aumenta con el tamaño de la información transmitida dentro de cada bloque, con lo que se consiguen rendimientos del 99%.

2.4 TECNICAS DE MULTIACCESO

En sus inicios los sistemas de telecomunicaciones fueron diseñados para transmitir y recibir en una sola frecuencia ó canal. Para algunas aplicaciones esto resulta conveniente, como por ejemplo las comunicaciones troncalizadas que utilizan los taxistas ó los agentes de policía, en los que cuando un usuario transmite todos los demás escuchan. Sin embargo para muchas otras aplicaciones esto no resulta muy conveniente, ya que regularmente se necesita privacidad.

Los sistemas de acceso múltiple se han creado para obtener ventajas sobre los sistemas que utilizan el concepto de canal sencillo. Estas ventajas son por ejemplo que permiten transmisión simultánea para un número considerable de usuarios, esto último en un sentido operacional ya que físicamente no es así; que permiten el uso de "circuitos" como canales para garantizar la privacidad en las comunicaciones individuo a individuo, que los canales se encuentran troncalizados, lo que significa que no se encuentran asignados a un usuario en específico sino que se asignan según la demanda del sistema, y todo lo anterior se refleja en una mejor utilización del canal, lo cual permite soportar un tráfico mucho más alto.

Las arquitecturas de multiacceso más utilizadas son FDMA, TDMA, TDD y CDMA, mismas que se describen a continuación:

Arquitectura de Acceso Múltiple por División de Frecuencia (FDMA)

Históricamente representa la primera forma en que se resolvió el problema de utilizar el espectro finito con un mayor número de usuarios. El principio básico de la arquitectura es el de dividir el ancho de banda en un gran número de canales (pares de portadoras para transmisión y recepción), de modo que cada canal sea capaz de soportar

un enlace *full duplex* y cada circuito puede a su vez acceder a cualquiera de estos canales. Lo anterior se muestra en la fig. 2.9

Actualmente el teléfono celular es un ejemplo de la utilización de FDMA en su forma analógica. Un sistema FDMA digital también es factible de realizar, sin embargo al tener la posibilidad de desarrollar tecnologías digitales los fabricantes han tendido hacia la construcción de sistemas TDMA, debido a las características que se mencionan a continuación :

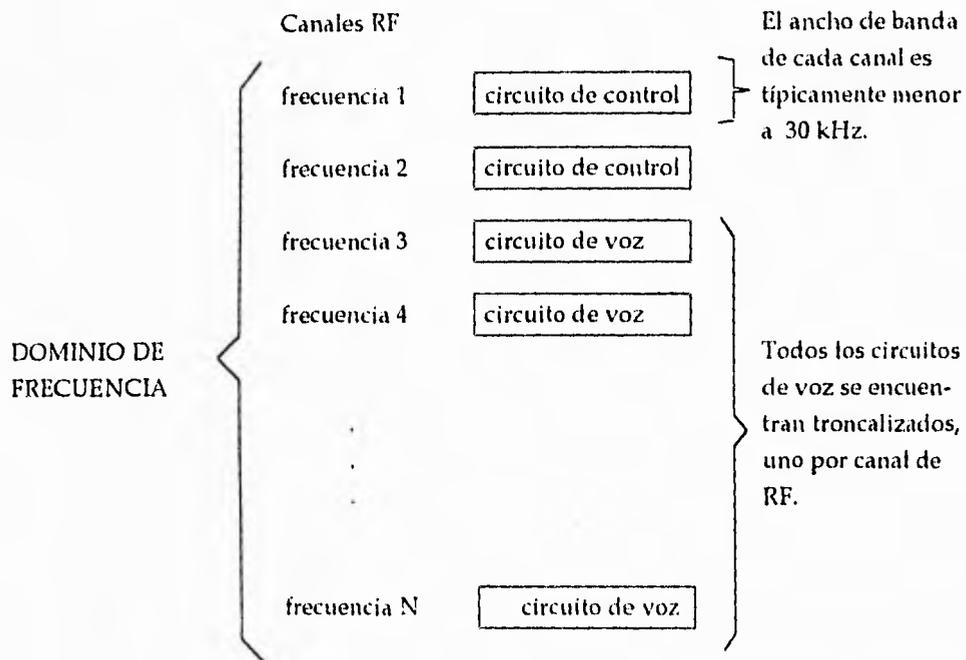


Fig 2.12 Arquitectura FDMA

Agilidad de Frecuencia: La terminal del abonado debe ser capaz de sintonizar cualquiera de la frecuencias disponibles automáticamente, bajo las instrucciones del controlador base.

Transmisión y recepción simultáneas: La unidad FDMA debe transmitir y recibir simultáneamente, lo que significa que se necesita circuitería de duplexor en ambos, móvil y estación base. Esto incrementa notablemente el costo y el volumen.

Ancho de banda estrecho: Para conseguir un mayor número de canales es necesario canales estrechos, sin embargo esto puede repercutir en la interferencia de co-canal.

Alto costo de infraestructura: Debido a que la arquitectura FDMA es un sistema de canal sencillo por portadora "SCPC" (*single-channel-per-carrier*), debe existir un circuito capaz de soportar la transmisión y recepción para cada portadora en la estación base, lo cual lo coloca en muy mala posición con respecto a los sistemas TDMA que requieren de un número menor de circuitos de este tipo.

Inflexibilidad para efectuar "hand-off": Los sistemas celulares requieren conmutar entre una célula y otra al momento de cambiar su posición. Esto resulta problemático en sistemas FDMA, ya que es difícil reducir el tiempo que tarda el sistema en asignar una frecuencia nueva y conmutar a ella. Esto puede tener consecuencias catastróficas si se trata de transmitir datos.

Inflexibilidad para nuevas tecnologías: Los sistemas FDMA se encuentran anclados a su posición original, ya que resulta excesivamente costoso el reemplazar todo el sistema de nuevo si se desea cambiar de tecnología a una mejor.

Inflexibilidad para nuevos servicios: Como consecuencia de lo anterior si se desea cambiar de servicios, como puede ser el ofrecer una tasa de transmisión más alta, el sistema va a verse limitado por cuestiones de ancho de banda, mismos que solo se pueden resolver cambiando la infraestructura del sistema.

En conjunto se puede decir que la tecnología FDMA puede tener muchas desventajas si se piensa desarrollar sistemas con planes a futuro, sobre todo por las limitaciones de *hardware* que tiene dicha arquitectura.

Arquitectura de Acceso Múltiple por División de Tiempo (TDMA)

La arquitectura TDMA es un poco más compleja que la FDMA. En su forma simple consiste en la división de una frecuencia en ranuras ó *slots* de tiempo que contienen pequeñas ráfagas de información, pertenecientes a distintos circuitos de comunicación, independientes los unos de los otros. La tasa de transmisión del canal

debe ser mayor que la de transmisión del circuito en aproximadamente el mismo número de circuitos que se encuentran multiplexados en la portadora. Así, si miramos el contenido de la portadora, nos encontramos con una combinación de mensajes en partes, seguidos unos de otros (fig. 2.10).

24 Canales de 64 kbps

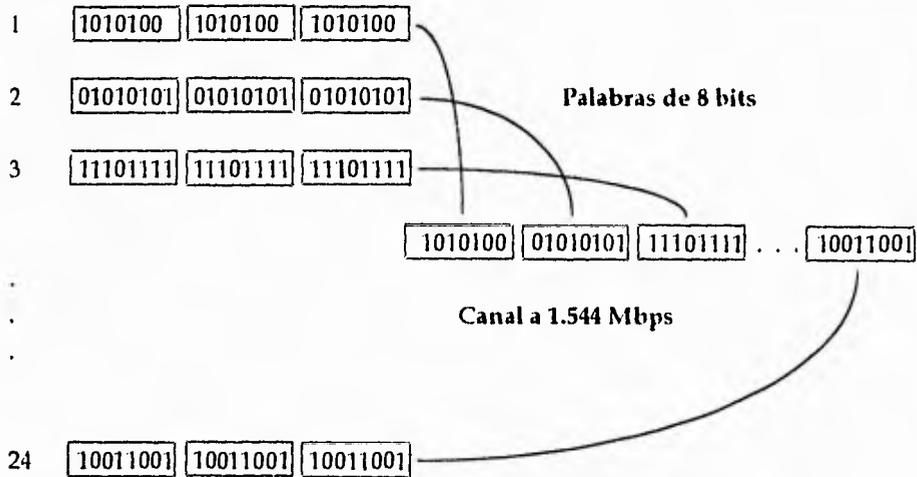


Fig .2.13 Multiplexaje ideal de TDMA

Como se observa, la transmisión es similar al formato multiplexado de portadora utilizado en líneas cableadas.

La parte interesante de la arquitectura TDMA se encuentra en la recepción, ya que cada suscriptor debe sincronizarse con la estación base para almacenar sólo la parte de mensaje que le corresponde hasta juntar un paquete y repetirlo posteriormente a la velocidad inicial, de ahí que en un principio se conociera esta arquitectura como *buffer-and-burst transmission* (transmisión de almacenado y ráfaga).

El siguiente paso es hacer una combinación de las tecnologías TDMA y FDMA para conmutar en tiempo y frecuencia, que es lo que regularmente encontramos cuando se habla de equipos TDMA para acceso por aire. un sistema combinado FD/TDMA.

Las características más significativas de la arquitectura TDMA son:

Múltiples circuitos por portadora de RF: Dependiendo de la aplicación se pueden tener desde 2 hasta 30 circuitos por cada portadora de RF.

Agilidad de Frecuencia: Para sistemas FD/TDMA se necesita obviamente una rápida sintonización de frecuencia, aunque sistemas como VSAT no requieren conmutar en frecuencia.

Transmisión por ráfagas: Es necesario que la transmisión de los remotos sea por ráfagas y con largos intervalos de tiempo (para sincronizarse con su ranura de tiempo), lo cual tiene ciertas implicaciones en el diseño de la circuitería.

Ranuras de transmisión y recepción: Es posible que en la misma portadora se transmita y se reciba en ranuras diferentes debidamente sincronizadas y especificadas. Esto es mejor conocido como TDD (*Time Division Duplex*) y en su forma más simple utiliza sólo 2 ranuras de información: una para transmitir y otra para recibir. Debe tomarse en cuenta que para esta tipo de arquitectura es necesario que exista cierta separación entre la ranura de transmisión y la de recepción para evitar problemas de interferencia.

Ancho de banda amplio: Para un nivel dado de eficiencia de espectro, el canal de TDMA será más amplio que el de FDMA en aproximadamente el mismo número de veces que el número de circuitos por portadora.

Sobrecarga (overhead) de transmisión más alta: Las ráfagas de transmisión del TDMA requieren sincronizarse cada vez para asegurar sus resultados, así el número de bits de control que utilizan es mucho más alto que el de FDMA. Por ejemplo el *overhead* que utiliza la norma IS-54 ocupa el 19% de la capacidad del canal.

Costo de infraestructura: Al utilizar múltiples circuitos por portadora la disminución en los costos es dramática, ya que el equipo de RF necesario para la transmisión es mucho menor, lo cual representa una de las más grandes ventajas de la arquitectura TDMA.

Commutación entre células ó "hand-off": Un sistema TDMA puede conmutar con mucha facilidad, ya que el tiempo que se utiliza para realizar la operación es el que se

encuentra entre ráfaga y ráfaga, lo cual implica el no tener pérdida alguna de información.

Flexibilidad de arquitectura: Ya que esta arquitectura basa su funcionamiento en *software* es muy capaz de mutar de un formato a otro, como puede ser el disminuir el número de ranuras a la mitad y aumentar su tamaño al doble. Esto representaría manejar menos canales pero a mayor velocidad sin afectar ni modificar el *hardware*.

Arquitectura de Acceso Múltiple por División de Código (CDMA)

CDMA es una muy diferente forma de efectuar las comunicaciones por multiacceso. En lugar de aislar cada canal de comunicaciones de los otros, intencionalmente combina los mensajes en el mismo canal al mismo tiempo con un código predefinido. Su "truco" es que al enviar la información, la parte que se contiene la información posee un nivel mínimamente más alto que el ruido que lo acompaña, así aunque se interfiera con ruido u otras transmisiones, la parte que contiene la información es aún recuperable.

Cada transmisor posee su código propio, mismo que conoce su respectivo receptor. Esto funciona como una especie de filtro de energía en el canal que permite el aislar el mensaje correspondiente de los demás mensajes adyacentes.

Las características más importantes son:

Capacidad de canal: A pesar de que la arquitectura puede manejar varios mensajes a la vez existe una limitante en cuanto a capacidades. Llega un momento en el que el ruido (mensajes simultáneos) llega a interferir en nuestra recepción, si es que todos los transmisores enviaran al mismo tiempo, y no se resolvería hasta que el canal sufriera una "des-saturación", lo cual puede tardar demasiado.

Códigos ortogonales: Otro efecto puede ser el de que a pesar de que los códigos sean diferentes en el sentido estricto, sean lo suficientemente similares para confundir al equipo de recepción y afectar las comunicaciones.

Control de potencia: Al igual que en el punto anterior si la potencia de un código distinto es demasiado alta afectaría la recepción, ya que el nivel de ruido sería superior al del mensaje.

Las técnicas de División por Código son difíciles de explicar en pocas páginas, y por no formar parte del objetivo principal del presente documento sólo se mencionarán escuetamente:

Espectro esparcido por saltos en frecuencia FH/SS (Frequency Hopping Spread Spectrum): En este caso el espectro total disponible es dividido en un gran número de bandas, similarmente al FDMA, con la característica de que en lugar de asignar una frecuencia a cada usuario, su transmisor debe saltar de canal a canal en una secuencia muy rápida. Cada usuario sigue un patrón diferente de saltos de modo que se minimice la probabilidad de que se caiga en la misma frecuencia y al mismo tiempo que otro usuario, sin embargo las secuencias de código no garantizan que no existan colisiones entre dos usuarios.

A continuación en la fig. 2.11 se muestra una gráfica de tiempo vs. frecuencia donde se pueden apreciar los saltos en frecuencia de tres transmisores distintos.

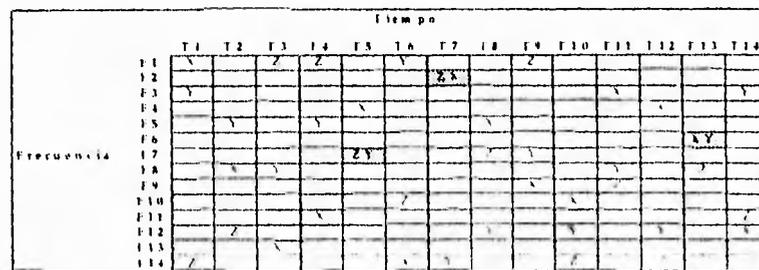


Fig 2.14 Transmisor 1: X Transmisor 2: Y Transmisor 3: Z

Como se observa, existen tres sitios donde colisionan las transmisiones, mismos que ocasionan interferencia en las respectivas transmisiones.

Espectro esparcido de secuencia directa DS/SS (Direct Sequence Spread Spectrum): Este método es aún más complejo. Esencialmente se trata de mezclar una señal de información "pantalla" con otra señal digital que se genera a una velocidad mucha mas

alta y sobre un espectro más amplio. Esta segunda señal porta el código único que contiene la información de interés; aparece como ruido y se denomina secuencia de *pseudo-ruido*. Al momento de ser combinadas resulta una señal muy similar también a ruido, pero con la información envuelta dentro de sí.

Las tecnologías de CDMA aún no se han acabado de desarrollar y existen en la actualidad pocas aplicaciones de ellas. Las encontramos en comunicaciones para distancias cortas, en pequeños radios y a bajas potencias; suelen utilizarse para comunicar redes LAN en un mismo edificio ó entre edificios muy cercanos.

Otra de las aplicaciones más recientes que empieza a desarrollarse es en equipos PCN (*Personal Communications Network*). El concepto de PCN es el de brindar un servicio muy completo en células pequeñas. Por ejemplo en un edificio corporativo las comunicaciones de una PCN se dirigen a personas y no a lugares; así al encontrarse una persona en cualquier parte del edificio (comedor, oficina, planta, etc.) posee aún la misma extensión del conmutador principal, ó incluso si un vendedor no se encuentra en el área del edificio corporativo se puede programar su línea para que las llamadas se enruten a su casa directamente ó a un sitio determinado (otro edificio, otra PCN, un restaurante, etc.). Todo lo anterior con un costo menor al de los sistemas celulares y un poco mayor al de los sistemas de telefonía sin cables.

Este tipo de comunicaciones en los E.U. se basarán en técnicas CDMA ó SS (de espectro esparcido) debido a la saturación de frecuencias que existen en la actualidad, ya que dichos sistemas permiten utilizar la misma frecuencia y lo hacen a potencias muy bajas.

2.5 TOPOLOGIAS DE RED

Para hablar de una manera concreta y con mayor fluidez de este tema, es necesario abordar ciertos conceptos y términos que se utilizarán de manera repetida durante el desarrollo del presente trabajo.

De acuerdo a que una red, en forma general, pretende comunicar equipos que manejan datos, estos se han descrito de dos formas:

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

Como su nombre lo indica, un DTE es el destino final o, también, el punto de partida de la información. Es el equipo que contiene los datos que el usuario final puede manejar a su conveniencia y que en algún momento puede ser compartida entre dos o más usuarios, mediante una red. Estos equipos pueden ser computadoras personales, terminales, estaciones de trabajo, un teletexto, etc.

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

Tiene la misión de conectar los equipos DTE mediante algún canal de comunicación, es decir, la principal función para la que fueron diseñados los DCEs es servir de interfaz entre un DTE y una red de comunicaciones; se encargan del intercambio de datos entre los DTE. Estos equipos pueden ser variados: un *módem* (modulador demodulador), un multiplexor, un *line-driver*, etc.

Una red de comunicaciones tiene como objetivo principal conectar dos o más DTEs para que estos intercambien información, a la vez que compartan recursos, tanto *software* como *hardware*.

La conexión entre DTEs y DCEs es de suma importancia, ya que el primero va a generar la información que se compartirá, así como la petición de transmisión de ésta, pero no podrá transmitirla, y por el contrario un DCE no tiene como función principal el generar la información a compartir, sin embargo, es el equipo que hará posible la comunicación entre los DTEs. Se observa que para que exista la simbiosis mostrada es necesario un excelente entendimiento entre las dos partes.

Una vez logrado el entendimiento entre los equipos DTE y DCE, viene la forma de conexión de un conjunto de éstos con otros. Para este efecto se presentan dos tipos de circuitos o enlaces:

Enlaces " Punto a Punto". En este tipo de conexión se presenta cuando se desean conectar únicamente dos elementos DTE entre sí, es decir, solamente existirá una línea o canal de comunicación enlazando dos DTE. En la figura 2.12 se muestra una conexión o enlace "Punto a Punto":



Fig 2.15 Enlace Punto a Punto de DTE.

Enlaces "Multipunto". Este es otro tipo de conexión, en él, se pueden conectar varios (más de dos) equipos DTE a un solo canal o línea de comunicación. En la figura 2.13 se muestra una conexión "Multipunto" común:

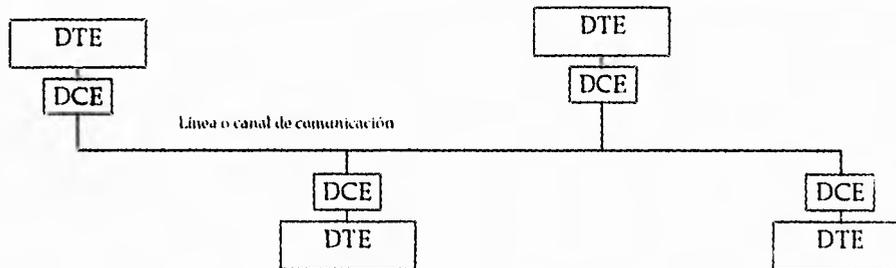


Fig 2.16. Enlace "Multipunto" de DTE.

Por otra parte, al hablar de "canal de comunicación" se entiende que por éste fluye información, es decir, la línea de comunicación es el medio a través del cual el "tráfico" de datos es compartido entre los DTEs. Dicho flujo o tráfico de información puede tener tres maneras diferentes de llevarse a cabo:

Comunicación Simplex. Significa que la transmisión de información se lleva a cabo en una sola dirección y en un sólo sentido. Esta es común de encontrar en la televisión o radiodifusión comercial donde solo existe una antena transmisora de un extremo y un aparato receptor del otro. Se le conoce también como “Comunicación unidireccional”.

Comunicación Half-duplex. En este caso, la comunicación tiene lugar en ambos sentidos de la línea o canal, sin embargo, en un solo sentido por tiempo, es decir, no se puede transmitir y recibir al mismo tiempo. Es fácil de encontrar en sistemas de terminales conectadas a un computador central o en aplicaciones de pregunta y respuesta. También se le conoce como “Comunicación bidireccional alterna”.

Comunicación Full-duplex. Aquí se presenta comunicación en ambos sentidos a la vez, es decir, a diferencia del anterior, se puede tener tanto transmisión como recepción de ambos extremos al mismo tiempo, por lo cual se le llama también “Comunicación bidireccional simultánea”. Son muy empleados en sistemas donde se presenta un constante uso del canal de comunicación, un tráfico elevado y un tiempo de respuesta rápido.

Tipos de Topologías

La topología (“aspecto de una cosa”) de una red se refiere directamente a la forma en que los equipos DTEs se encuentran conectados entre sí, es decir, es la configuración o la conectividad física que presenta la red.

El diseño de la topología de una red tiene como objetivos los siguientes:

1. Proporcionar gran confiabilidad y la mejor capacidad para transportar información sin errores entre los DTEs. Para lograr lo anterior es necesario poder localizar y aislar las zonas en donde se hayan presentado pérdidas de información o donde se hayan generado errores, es aquí donde se presenta la importancia de la topología, ya que de ella depende que el equipo dañado pueda “desconectarse” del resto de la red.

2. Proporcionar la mínima longitud real del canal que une los DTEs, es decir, hacer que el tráfico pase a través del menor número posible de elementos conectados. Adjunto a esto y por consiguiente se tendrá el canal o camino más económico para realizar cada diferente actividad, de manera que la información de baja prioridad "viaje" a través de un canal de baja velocidad y la información urgente, por algún canal más veloz, más caro.

3. Lograr el menor tiempo de respuesta, para lo cual hay que acortar el retardo entre la transmisión y la recepción entre los DTEs, y proporcionar un canal lo más ancho posible. Las topologías de red pueden ser descritas como sigue:

- Topología Jerárquica o de Arbol.
- Topología Horizontal o de *Bus*.
- Topología Estrella.
- Topología de Anillo.
- Topología de Malla.

Topología Jerárquica o de Arbol

En este tipo de topología se tiene un punto donde se concentran las tareas de control y de verificación y resolución de errores, mediante un *software* que controla la red. Este último se encuentra instalado en un DTE que se encuentra situado en el nivel más elevado de la red o el de mayor jerarquía, lo cual significa que el tráfico de información parte de este punto, que en la figura 3 se marca como A, y a su vez, proporciona un control parecido, a cada uno de los DTEs que se encuentran encabezando un árbol subordinado al DTE A, como se muestra en la figura 2.14.

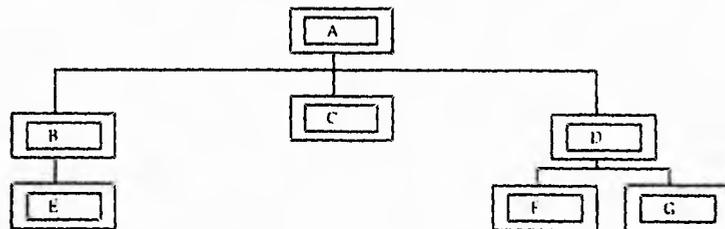


Fig. 2.14. Topología de Arbol o Jerárquica.

Esta topología presenta ciertas desventajas, ya que la información fluye de una línea común hacia otras que se encuentran en un nivel inferior y como pueden existir varios equipos debajo de otro, pueden presentarse "cuellos de botella" en las líneas superiores. Así mismo, en cierto momento, el DTE de mayor importancia es el que controla el tráfico de todos los demás, lo cual puede provocar serios problemas que pueden ir desde una simple saturación de datos hasta la "caída" de la red completa, puesto que si el nodo principal falla no existe otro DTE de soporte, que pueda mantener a la red funcionando, en otras palabras, la red dejará de funcionar.

Topología Horizontal o de Bus

Esta estructura o topología es muy común de encontrar en las redes de área local LAN (Local Area Network) de tipo Ethernet, Los equipos se encuentran comunicados a través de un Bus, es decir, una línea común, a la cual se conectan todos los equipos a su vez, de manera que todas las estaciones reciben la información que viaja por este bus. Una estación es capaz de difundir información a todas las demás y cada estación será capaz de recibir sólo la información que le corresponde. Cada estación conectada al bus corrobora la dirección a la que está dirigida la información y sólo aquella que coincida en direccionamiento recibirá los datos. En la figura 2.15 se observa esta topología:

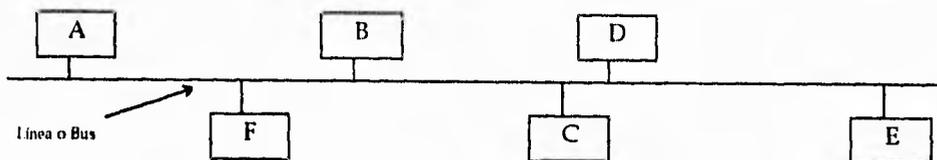


Fig. 2.18 Topología de Bus Horizontal.

El uso de esta topología implica que cuando alguna de las estaciones falla no se perderá el acceso a la red a través del bus, sino que solamente se afectará el equipo

dañado. Por otra parte, se evita el hecho de tener que utilizar gran cantidad de cable, ya que todo ese cableado se sustituye con el bus.

Una de las limitantes que presenta esta topología es que solo existe una vía o canal de comunicación, de manera que si éste falla, la red dejará de funcionar. De igual manera, existe una gran dificultad para aislar las fallas o averías, ya que al faltar puntos de concentración de conexiones no es fácil distinguir al equipo fallido. Además debe procurarse tener la menor distancia posible entre los equipos DTE para evitar interferencia en las señales.

Topología de Estrella

Es una de las configuraciones de redes más antiguas. En ella todo el tráfico se concentra en un nodo central A que está situado físicamente en el núcleo de la estrella, y posee el control total sobre los nodos restantes mediante un *software* sencillo. Los usuarios se comunican entre sí pasando a través del nodo central, es decir, el núcleo de la estrella encamina la llamada de una estación a otra. En la figura 2.16 se muestra un esquema de topología de Estrella:

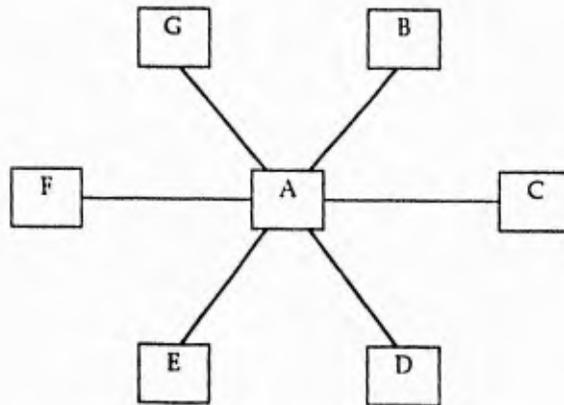


Fig. 2.19 Topología de Estrella.

En esta topología se presenta cierta facilidad para localizar las averías que se presenten en el funcionamiento de algún equipo, que no afecte al funcionamiento de la red en general, ya que es posible aislar cada línea o cada equipo para localizar el problema. Sin embargo, la principal limitante que presenta esta configuración es, al igual que en la Jerárquica, que cuando el nodo central falla, la red completa dejará de funcionar también. De igual manera se tienen problemas de saturación de datos y poca confiabilidad en ellos. Por estas razones, es recomendable tener un equipo redundante como nodo central, para aumentar la seguridad de la red.

Topología de Anillo

Esta forma de conexión de redes recibe su nombre por la forma circular que presenta el flujo de la información. Los equipos o estaciones se encuentran conectados entre sí una tras otra hasta cerrar el círculo. La información, por lo general, viaja en una sola dirección. Cada estación recibe la información y compara la dirección que ésta lleva, retransmitiéndola si no le corresponde a la siguiente estación del anillo.

La topología de anillo permite que cada estación verifique si el mensaje ha sido recibido. El receptor copia el mensaje y lo envía al transmisor pero ahora con una bandera de recepción para completar el proceso. En la figura 2.17 se presenta la representación de la topología de anillo.

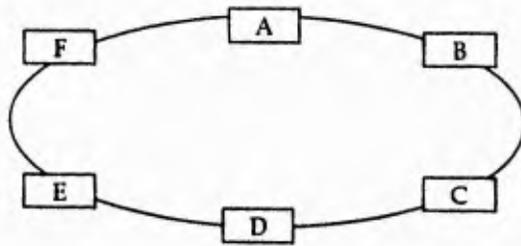


Fig. 2.20 Topología de Anillo.

Un ejemplo de este tipo de configuración es el *Token Ring* que es un tipo de red con la configuración en anillo, que maneja un mensaje o paquete llamado *Token*. La mayor ventaja de este tipo de topología es que los embotellamientos son eludibles casi del todo. Sin embargo, el problema más importante de esta topología es que todos los elementos o estaciones están interconectadas mediante un mismo canal, el cual es único, por lo que si falla éste, la red se interrumpirá. Este problema se puede resolver con un software de conmutación, el cual permite que el equipo dañado sea "saltado" y no interrumpa el acceso a la red.

Topología de Malla.

Consiste en conectar varios nodos o estaciones entre sí a manera de que existan varios "caminos" entre las estaciones conectadas. Con esto se logra una mayor seguridad contra embotellamientos o saturación de datos y se elude el problema de que la red deje de funcionar si algún equipo falla. Es fácil orientar y encaminar a la información a través de diferentes vías cuando algún equipo se daña o se encuentre ocupado. En la figura 2.18 se observa el esquema que ilustra la topología abordada.

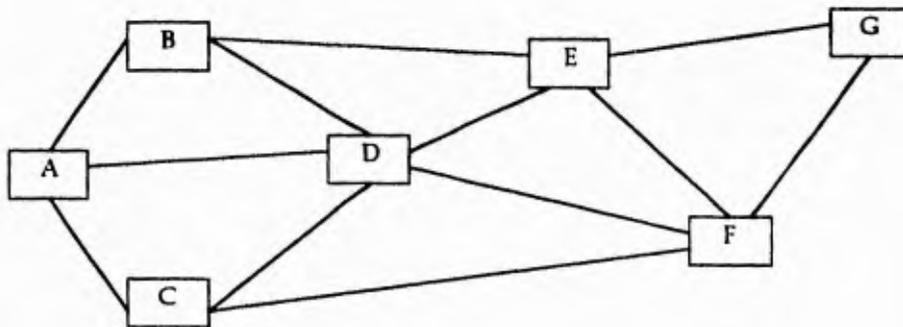


Fig. 2.21 Topología de Malla.

Las desventajas que presenta esta topología se reducen a complejidad en cuanto a diseño y por lo tanto al costo de implementación de la red.

En algunos casos como son *Ethernet* o *Token Ring* (topologías de *Bus* y de Anillo respectivamente) todas las estaciones llegan a un solo punto concentrador que se llama *HUB* en el caso de *Ethernet* y *MAU* (*Multistation Access Unit*) en el de *Token Ring* que son los dispositivos que realizan internamente la función de *Bus* o de Anillo respectivamente, por lo tanto la forma física de dichas redes será de estrella mientras que el concentrador realizará una conexión lógica o **topología lógica** de *Bus* o de Anillo.

2.5 MODELO OSI Y PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN

Las redes se organizan mediante una serie de capas o niveles, con el objeto de reducir la complejidad de su diseño. Cada una de estas capas se construye sobre su predecesora y es la jerarquía de su protocolo la que determinará el lugar que ocupará cada una de ellas. El propósito de cada capa es ofrecer ciertos servicios a las capas superiores, liberándolas del conocimiento detallado sobre como se realizan dichos servicios.

Un protocolo se define como un conjunto de reglas o procedimientos que han sido acordados previamente mediante una estandarización, y existe una diversidad de estos ya que cada uno maneja un conjunto de reglas que gobiernan el formato y el significado de las tramas, paquetes o mensajes que son intercambiados por las entidades correspondientes dentro de cada capa o nivel. Además, los protocolos incluyen regulaciones concretas que recomiendan u obligan a aplicar una técnica o convenio determinados, ya que actualmente se están llevando acabo esfuerzos considerables a nivel mundial con el fin de estandarizar normas y recomendaciones que sean independientes del fabricante. Siguiendo esta tendencia, muchas organizaciones están adoptando interfaces y protocolos comunes o estratificados.

Como se puede ver en la figura 2.19, la capa *n* en una máquina conversa con la capa *n* de otra máquina. Las reglas y convenciones utilizadas en esta conversación se conocen conjuntamente como protocolo de la capa *n*. A las entidades que forman las capas correspondientes en máquinas diferentes se les denomina procesos pares, de modo que son los procesos pares los que se comunican mediante el uso del protocolo. Realmente no existe una transferencia directa de datos desde la capa *n* de una máquina a

la capa n de otra, sino que cada capa pasa la información de datos y control a la capa inmediatamente inferior y así sucesivamente hasta que se alcanza la capa localizada en la parte más baja de la estructura. Debajo de la capa 1 esta el medio físico, a través del cual se realiza la comunicación real. En la figura 2.19 se muestra mediante líneas punteadas la comunicación virtual, en tanto que las líneas sólidas indican la trayectoria de la comunicación física. Entre cada par de capas adyacentes hay una interfase, la cual define los servicios y operaciones primitivas que la capa inferior ofrece a la superior. Cuando se ha decidido el número de capas por incluir en una red, así como lo que cada una de ellas deberá hacer, una de las consideraciones más importantes consiste en definir claramente las interfases entre capas, por lo que se requiere que cada capa efectúe un conjunto específico de funciones bien definidas.

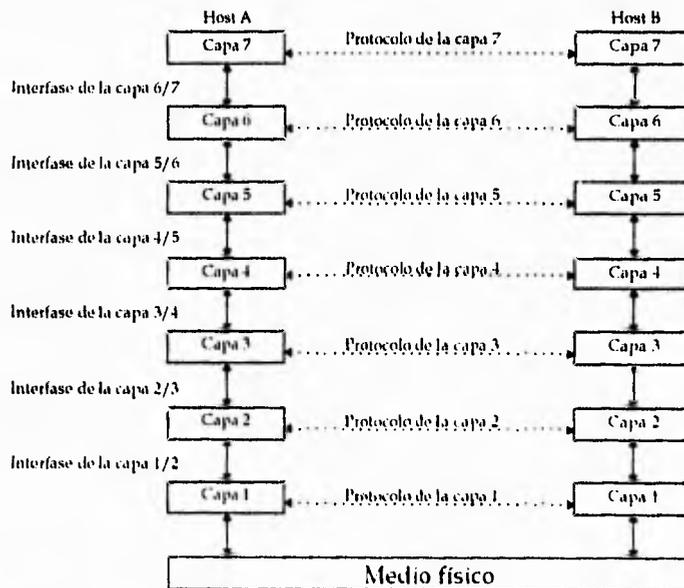


Fig. 2.22 Organización de la red mediante capas, protocolos e interfases.

Al conjunto de capas y protocolos se les denomina arquitectura de red. Las especificaciones de ésta deberán contener la información suficiente que le permita al diseñador escribir un programa o construir el hardware correspondiente a cada capa, y que siga en forma correcta el protocolo apropiado.

Debido a que en un diseño se pueden contener un conjunto n de capas, con su consecuente n números de protocolos, la Organización Internacional de Normas ISO: *International Standard Organization*, propone en 1984 un modelo de Interconexión de Sistemas Abiertos OSI : *Open System Interconnection*, como un primer paso hacia la normalización internacional de varios protocolos y facilitar la conexión de sistemas heterogéneos.

El modelo OSI persigue los siguientes objetivos:

- Proporcionar una serie de normas para la comunicación entre sistemas.
- Eliminar todos los impedimentos técnicos que pudieran existir para la comunicación entre sistemas.
- Abstractar el funcionamiento interno de los sistemas individuales.
- Definir los puntos de interconexión para el intercambio de información entre los sistemas
- Limitar el número de opciones para incrementar las posibilidades de comunicación sin necesidad de conversiones y traducciones entre diferentes productos.
- Ofrecer un punto de partida válido desde el cual comenzar en caso de que las normas del estándar no satisfagan todas las necesidades.

El modelo OSI está constituido por siete capas, como se puede ver en la figura

2.20. Los principios aplicados para el establecimiento de siete capas fueron los siguientes:

1. Una capa se creará en situaciones en donde se necesita un nivel diferente de abstracción.
2. Cada capa deberá efectuar una función bien definida.
3. La función que realizará cada capa deberá seleccionarse con la intención de definir protocolos normalizados internacionalmente.
4. Los límites de las capas deberán seleccionarse tomando en cuenta la minimización del flujo de información a través de las interfases.
5. El número de capas deberá ser lo suficientemente grande para que funciones diferentes no tengan que ponerse juntas en la misma capa y, por otra parte, también deberá ser lo suficientemente pequeño para que su arquitectura no

llegue a ser difícil de manejar.

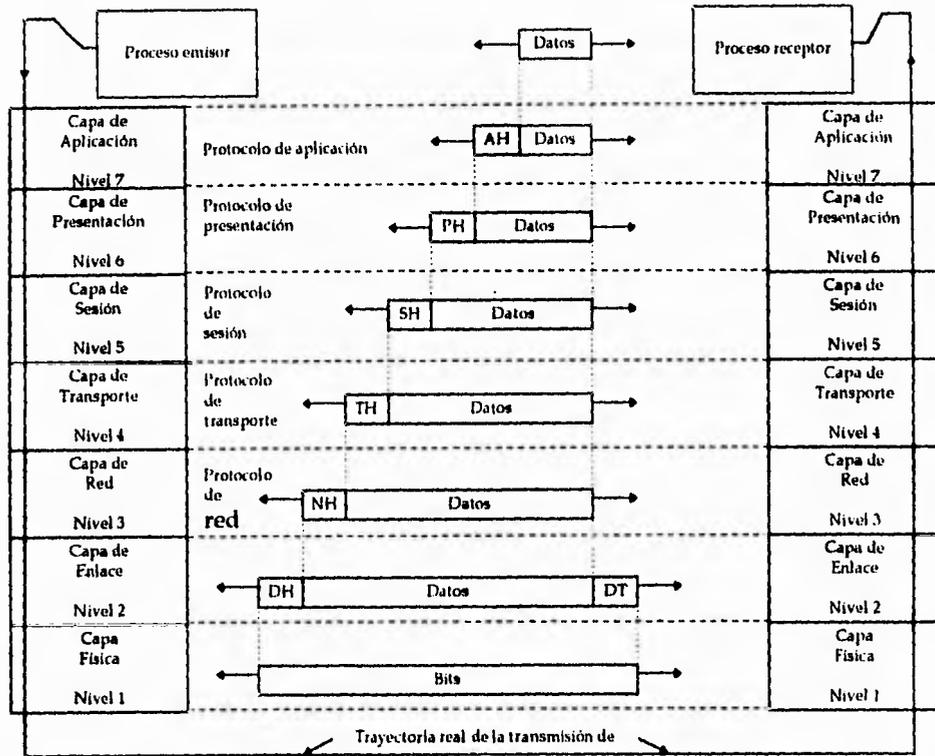


Fig. 2.23 Modelo OSI

La forma en como se da la transmisión de los datos mediante el empleo del modelo OSI, es la siguiente: El proceso emisor tiene algunos datos que desea enviar al proceso receptor, por lo que primeramente los entrega a la capa de aplicación la cual añade a los datos una sección de control de aplicación (que puede ser nula), conocida como AH: *Application Header* y entrega el elemento resultante (AH y Datos) a la capa de presentación. Por su lado, la capa de presentación transforma este elemento de diferentes formas, con la posibilidad de incluir una sección PH: *Presentation Header*, dando el resultado a la capa de sesión. Es importante señalar que la capa de presentación no

distingue entre la información de datos y la información en AH, sino que todo lo toma en conjunto.

Este proceso se sigue repitiendo hasta que los datos alcanzan la capa física, lugar en donde efectivamente se transmiten los datos y las secciones pegadas a la máquina receptora. En la otra máquina, se van quitando una a una las secciones a medida que los datos se transmiten a las capas superiores, hasta que finalmente llegan al proceso receptor.

La idea fundamental, a lo largo de este proceso, es que si bien la transmisión efectiva de datos es vertical, como se muestra en la figura 2.20, cada una de las capas está programada como si fuera una transmisión horizontal. Este es un proceso ideal, ya que existen arquitecturas que en una sola capa integran varias capas del modelo OSI.

El modelo OSI, por sí mismo, no es una arquitectura de red, dado que no especifica en forma exacta los servicios y protocolos que se utilizarán en cada una de las capas. Sólo indica lo que cada capa deberá hacer. Sin embargo, la ISO también ha generado normas para todas las capas, aunque éstas, estrictamente hablando, no forman parte del modelo, ya que se han publicado como normas internacionales independientes. A continuación se describirá de forma breve la tarea que realiza cada capa y los protocolos correspondientes:

Capa física (Nivel 1)

La capa física se ocupa de la transmisión de bits a lo largo de un canal de comunicación. Su diseño debe asegurar que cuando un extremo envía un bit con valor 1, éste se reciba exactamente como un bit de ese valor en el otro extremo. Esta capa define las características y/o aspectos mecánicos, eléctricos, procedimiento de interfase y el medio de transmisión física, es decir, define cuantos volts deberán utilizarse para representar un bit de valor 1 ó 0 cuántos microsegundos deberá durar un bit, la posibilidad de realizar transmisiones bidireccionales al mismo tiempo (full duplex) o bidireccionales en un solo momento (half duplex) ; define la forma de establecer la conexión inicial y cómo interrumpirla cuando ambos extremos terminan su comunicación; o bien, cuántas puntas terminales tiene el conector de la red y cuál es el

uso de cada una de ellas. Se encarga de transportar las señales para todos los niveles superiores.

Entre las interfases más utilizadas en esta capa se encuentran la EIA-RS232 definida por la *Electronic Industries Association* quien especifica que un 1 binario es representado eléctricamente por un voltaje más negativo que -3 volts y que un 0 binario se tendrá cuando exista un voltaje positivo superior a los +4 volts. La versión internacional se encuentra incluida en la recomendación V.24 del CCITT, que es parecida pero difiere de en algunos circuitos utilizados rara vez, así mismo, para la recomendación de la serie X, esta definida la interfase X.21

Capa de enlace (Nivel 2)

La *capa de enlace* tiene como función primordial proporcionar una transmisión confiable de información sobre el medio físico, es decir, transforma un medio de transmisión común en una línea sin errores de transmisión, necesaria para la capa de red. Se encarga de empaquetar los datos y transmitirlos en forma secuencial; la capa física acepta y transmite un flujo de bits sin tener en cuenta su significado o estructura, recae sobre la capa de enlace la creación y reconocimiento de la frontera de la trama; maneja el acceso al canal y el control de flujo de las tramas. También corresponde a esta capa resolver los problemas causados por daño, pérdida o duplicidad de la tramas.

Dentro de las redes LAN, esta capa llega a subdividirse en 2 subcapas que son la *Logical Link Control : LLC* y la *Medium Access Control : MAC*, donde la primera se encarga de establecer los procedimientos lógicos del enlace así como los protocolos que se están utilizando en capas superiores, mientras que la segunda establece los procedimientos físicos para controlar el acceso al medio de comunicación.

Entre los protocolos más utilizados en esta capa se encuentran los protocolos de acceso al medio para redes LAN, como son el *CSMA/CD : Carrier Sense Multiple Access / Collision Detection*, que es un protocolo definido para redes tipo Ethernet 802.3, según recomendación del IEEE; el *Token Passing* definido para redes Token Ring 802.5, recomendación del IEEE. En redes WAN los protocolos más utilizados de capa 2 son el *BSC : Binary Synchronous Control*, *SDLC : Synchronous Data Link Control*, *HDLC : High Data Link Control* y *LAP-B : Link Access Procedure Balanced*.

Capa de red (Nivel 3)

La capa de red se ocupa del control de la operación de la subred: determina el cómo encaminar los paquetes del origen al destino; se encarga del ruteo entre diferentes paquetes y libera a las capas superiores de la necesidad de saber acerca de las tecnologías de transmisión y conmutación utilizadas para conectar redes. Es un nivel cuidadosamente detallado con una amplia variedad de funciones. La capa de red se encarga también de la interconexión de redes que pueden emplear protocolos de acceso y tener características diferentes.

Dentro de esta capa entran las tecnologías de conmutación de paquetes, donde los paquetes pertenecientes a diferentes conexiones comparten el ancho de banda de las líneas de comunicación. El protocolo más conocido a nivel de red es la recomendación del CCITT X.25

Capa de transporte (Nivel 4)

La función principal de la capa de transporte consiste en aceptar los datos de la capa de sesión, dividirlos, siempre que sea necesario, en unidades más pequeñas, pasarlos a la capa de red y asegurar que todos ellos lleguen correctamente al otro extremo, esta capa crea una conexión de red distinta para cada conexión de transporte solicitada por la capa de sesión. Si la conexión de transporte necesita un gran caudal, ésta podría crear múltiples conexiones de red, dividiendo los datos entre las conexiones de la red con objeto de mejorar dicho caudal. Por otra parte, si no se tienen varias alternativas de conexión de red ya que puede resultar costoso, la capa de transporte podría multiplexar varias conexiones de transporte sobre una sola conexión de red para reducir dicho costo, este proceso de multiplexión debe ser transparente para la capa de sesión.

Capa de sesión (Nivel 5)

Esta capa de sesión permite que los usuarios de diferentes máquinas puedan establecer sesiones entre ellos. A través de una sesión se puede llevar a cabo un transporte de datos, transferencia de archivos entre dos máquinas, o tener una sesión de consulta a un sistema de tiempo compartido a distancia. Entre los servicios que

proporciona esta capa está el de gestionar el control de diálogo entre los programas que se ejecutan en diferentes equipos, permite iniciar, suspender, y reactivar actividades independientemente de las conexiones de transporte, los diferentes servicios de esta capa se agrupan en unidades funcionales y éstas, a su vez, en subconjuntos cuyo uso puede negociarse al establecer una conexión

Capa de presentación (Nivel 6)

La *capa de presentación* se ocupa de los aspectos de sintaxis y semántica de la información que se transmite, es decir, formatea los datos para presentarlos a las aplicaciones definiendo el código utilizado (ASCII, EBCDIC); realiza funciones de compresión de datos y encriptación por cuestiones de privacidad y de autenticación. Por ejemplo, dos usuarios de la capa de presentación pueden intercambiar el caracter "A" sin importar que en un sistema su presentación sea 1000001 (en ASCII) y en otro 1100001 (en EBCDIC)

Capa de aplicación (Nivel 7)

La capa de aplicación contiene una variedad de protocolos que se necesitan frecuentemente, entre ellos define una terminal virtual de red con el fin de hacer compatible los diferentes tipos de terminales. Por ejemplo, cuando en un editor se mueve el cursor de la terminal virtual (ya sea mediante teclado o con un *mouse*) al extremo superior izquierdo de la pantalla, dicho software debe emitir una secuencia de comandos apropiados para que la terminal real ubique también su cursor en el sitio indicado. También define el número de líneas utilizadas en la terminal, formatos gráficos o de texto de la misma.

Los servicios que presta son directamente a los usuarios. Estos servicios pueden ser comunes en varias aplicaciones (como el establecimiento de una conexión entre 2 usuarios) o específicos, como lo son el correo electrónico entre muchos otros servicios.

CAPITULO 3

PORTADORAS DE SERVICIO

INTRODUCCION

Las empresas portadoras de servicio, generalmente conocidas como *carriers*, son de suma importancia para el desarrollo de las redes de telecomunicaciones de cualquier empresa, ya que proporcionan el medio de intercomunicación en diferentes regiones de una ciudad y/o del país, el medio de comunicación depende del *carrier*, ya sea através de enlaces digitales de fibra óptica, enlaces satelitales, enlaces de microondas o enlaces de radio, entre otros. Existen diversas compañías que prestan el servicio de interconexión en México, destacando TELMEX, IUSANET y SATELITRON, por ser las empresas más fuertes actualmente en este terreno; sin embargo, sólo sirven de ilustración de las diversas posibilidades existentes en este mercado.

3.1 RDI TELMEX

Una de las empresas portadoras de servicio más grande y más importante por la dimensión de su infraestructura y de su cobertura es sin duda la empresa de Teléfonos de México (TELMEX), quien con el objetivo de responder a las necesidades del mercado

inició la operación de la RDI: Red Digital Integrada durante 1990, la cual se concibió originalmente como una red superpuesta a la red telefónica pública conmutada (RTPC), como se muestra en la figura 3.1.

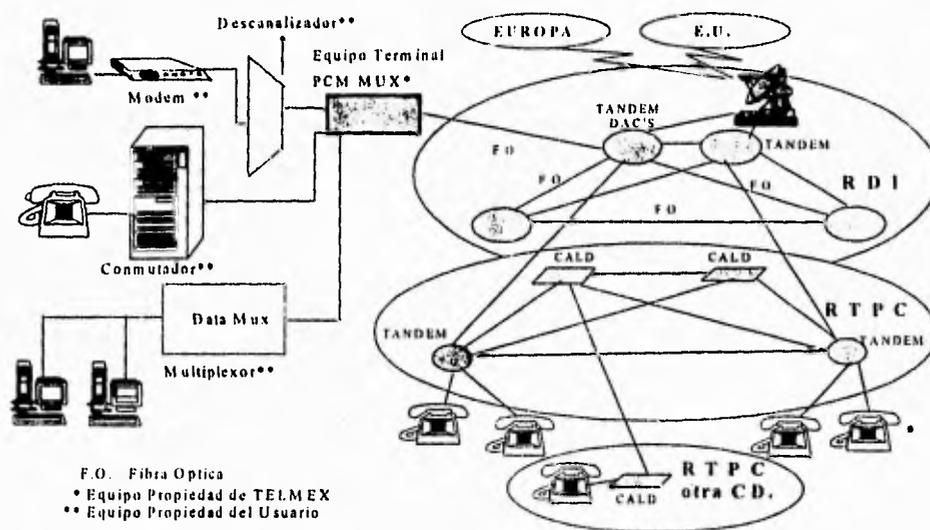


Fig. 3.1 La RDI de TELMEX, como una red superpuesta a la red telefónica analógica.

Como se observa en la figura anterior, la comunicación entre la RTPC y la RDI se realiza a través de centrales de tráfico automático (TANDEM's) que se encuentran en la RTPC a otras TANDEM's equipadas con sistemas de interconexión digital (DAC's) en la RDI. La conexión de larga distancia desde RDI se realiza con el procedimiento anterior, pero la TANDEM de la RTPC se conecta a una central automática de larga distancia (CALD) para salir a cualquier otra ciudad. Para que el usuario tenga acceso a un conmutador electrónico digital debe conectar su modem a un multiplexor, el cual se conecta a un equipo terminal óptico por fibra óptica al TANDEM de la RDI. Dependiendo del servicio que requiera cada usuario necesitará diversos equipos que tendrá que proveer (conmutador, modem, etc).

Esta red permite establecer conexiones digitales desde el domicilio del usuario por medio de fibras ópticas y radios de microondas urbanos, manejando todo tipo de señales de telecomunicaciones en diversas velocidades. Además, a través de esta red es posible obtener servicios de troncales digitales, marcación directa a extensión, circuitos digitales de alta velocidad punto a punto y se pueden formar grupos cerrados con circuitos digitales privados (nacionales e internacionales), sin necesidad de pasar por la red pública. Por ejemplo, si se requiere entablar comunicación desde una oficina sucursal de una determinada empresa en México, a la matriz que se encuentra en Toronto, Canadá, sólo será necesario marcar el número telefónico de la matriz más el número de la extensión de la persona con la cual se desea hablar. Todo el proceso se lleva a cabo desde la troncal digital del usuario, sin necesidad de pasar por la RTPC.

En la RDI terrestre, el acceso a los clientes de los usuarios se realiza a base de enlaces de Fibras Ópticas o Radios Digitales, los cuales permiten una conectividad a nivel de 2.048 Mbps con los equipos conmutadores o multiplexores de los clientes. Actualmente se tienen instalados aproximadamente 2700 km de cables, con capacidad de 6 a 72 Fibras Ópticas, que enlazan a más de 1800 equipos de transmisión de 8.43 Mbps y 140 Mbps, así como 850 Radios Digitales de las mismas capacidades. La topología de las fibras ópticas que accesan a los inmuebles de los clientes se instalan en base al principio de anillos o doble anillo redundante, garantizando dos trayectorias en caso de cortes y con esto proporcionar un buen nivel de continuidad de servicio. Estos enlaces de inmuebles de usuarios terminan en 185 Nodos de Transmisión denominados TelMic, interconectados a nivel local por 1200 kms. de Cables de Fibra Óptica, con sistemas de transmisión de entre 34 Mbps a 622 Mbps.

A nivel de Larga Distancia cuenta con una importante red de Fibra Óptica de 13500 km entre México, Monterrey y Guadalajara, además de otras 35 poblaciones importantes. Adicionalmente cuenta con una red de Radios Digitales, la cual cubre prácticamente todo el país.

Parte de la Red Satelital de TELMEX (una de las más grandes de América Latina) se muestra en la figura 3.2. La red en total cuenta con 5 estaciones maestras para la conexión con la RDI y estaciones remotas del lado de usuario del tipo VSAT

(aproximadamente 570) por las cuales se interconectan 978 circuitos de voz y datos que operan a 9.6 kbps, 19.2 kbps y 64 kbps operando desde 1994 con los transpondedores en banda Ku del satélite Solidaridad I.

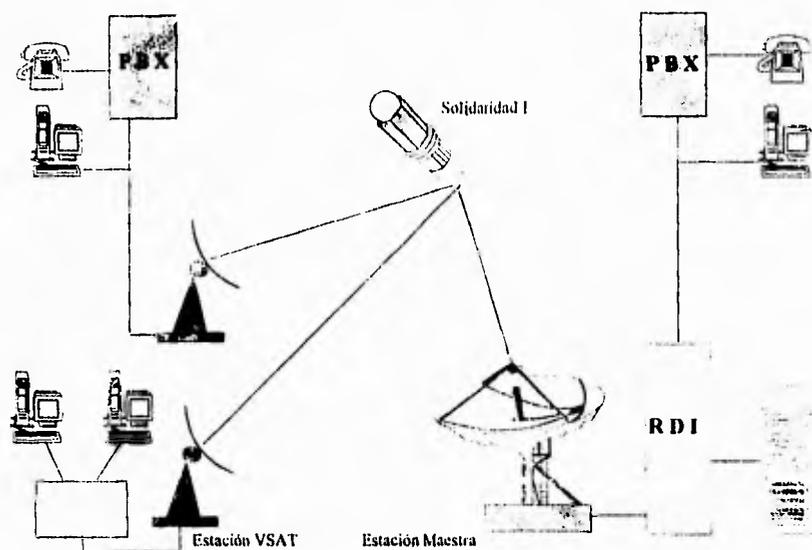


Fig. 3.2 Red Satelital de TELMEX

La red satelital interconecta a 2500 inmuebles de clientes en base a soluciones terrestres y 570 sitios con equipos satelitales VSAT. Como se observa de la figura anterior, la red satelital permite al usuario que vive en un lugar geográficamente accidentado y que requiere de los servicios de comunicación (por ejemplo minas) tener acceso a los servicios que presta la red terrestre. Los usuarios de la red satelital de TELMEX logran una conexión digital punto a punto o multipunto de señales de voz, datos o video con una alta calidad y disponibilidad formando redes privadas.

La forma de proporcionar enlaces en la RDI son principalmente dos: por un lado existen los servicios conmutados, para los cuales se utilizan 48 centrales digitales que permiten conexiones directas a 2 Mbps, compuesta de 32 canales digitales de 64 kbps,

desde los conmutadores digitales de las empresas que cuentan con servicios RDI. Estos conmutadores que se interconectan con RDI cuentan con una certificación de operación, ya que funcionan de forma integrada a la red. De hecho los equipos de los clientes son parte integral de la RDI. Por otro lado, se dispone también de una red de "cross connexion" digital a 64 kbps, red que cuenta en el país con 83 nodos y permite tanto la creación de redes corporativas privadas como la de redes multiusuarios. A través de este sistema es posible suministrar, reconfigurar y supervisar continuamente cualquier enlace de 64 kbps. Actualmente se ha iniciado la comercialización de servicios DS0 que permiten ofrecer enlaces privados a 64 kbps a través de la red de cobre, con conectividad troncal a través de los equipos "cross connexion".

Aquí hemos realizado una descripción general de la Red Digital Integrada, red que por sus características coloca a Telmex como el principal y más importante "carrier" en el país, sin embargo, a pesar de la madurez tecnológica como empresa, de la fiabilidad que se tiene en un medio de transmisión como lo es la fibra óptica y de la amplia cobertura de su servicio, es necesario realizar un análisis consciente antes de elegirla como única opción de conectividad, ya que a pesar de la solidez mencionada existen siempre ciertos factores que la convierten en una red con un gran porcentaje de fallas y por consecuencia de poca disponibilidad de nuestro canal de comunicaciones. Por ejemplo, en el uso de la RDI-64, donde se encuentra el sector financiero, se han tenido serios problemas, ya que la mayoría de las redes bancarias que se encuentran integradas reportan constantes "slips" o deslices que producen pérdidas de sincronía en sus enlaces, estas pérdidas de sincronía pueden llegar a ocasionar la caída de uno o más nodos en la red y por ende la suspensión total del servicio, reflejándose en la pérdida de dinero. Por otra parte, en la ciudad de México las constantes obras públicas para la construcción de servicios como lo es el metro, producen roturas accidentales en los cables de fibra óptica, lo que implica fallas en el servicio y una constante reparación de los anillos dobles redundantes, además de lo anterior los errores en el enrutamiento de los DS0's es frecuente. Todas estas fallas en la RDI llegan a tal grado que la disponibilidad de los enlaces llega a ser en algunas ocasiones menor a la que se consigue con radios digitales y el desagrado de los usuarios no se hace esperar.

Gracias a su nueva perspectiva de expansión, el concepto de DS0 y la integración de nodos comunes instalados en edificios, centros comerciales y centros de negocios, la

RDI de Telmex dejará de ser un servicio que anteriormente era exclusivo para grandes empresas, por el alto costo del servicio.

Para entender las diferencias que existen al estar hablando de un DS0 y un E1, es necesario hacer una breve explicación de ambos. Un E1, es un canal digital con capacidad de transmisión de 2.048 Mbps, este E1 está dividido en 32 canales conocidos como E0s (numerados del 0 al 31) formando cada E0 un "Time Slot" en la trama del E1. La recomendación R2 del CCITT establece que dos *time slots* (el 0 y el 16) serán ocupados para señalización y temporización teniendo disponibles 30 *time slots*, sin embargo Telmex no se apegado en su totalidad a esta recomendación de tal forma que ocupan una señalización que llaman R2- Modificada, la cual consiste en proporcionar 31 canales utilizables (del 1 al 31) y sólo uno para señalización (el *time slot* 0), la trama de este E1 se puede apreciar en la figura 3.3 :

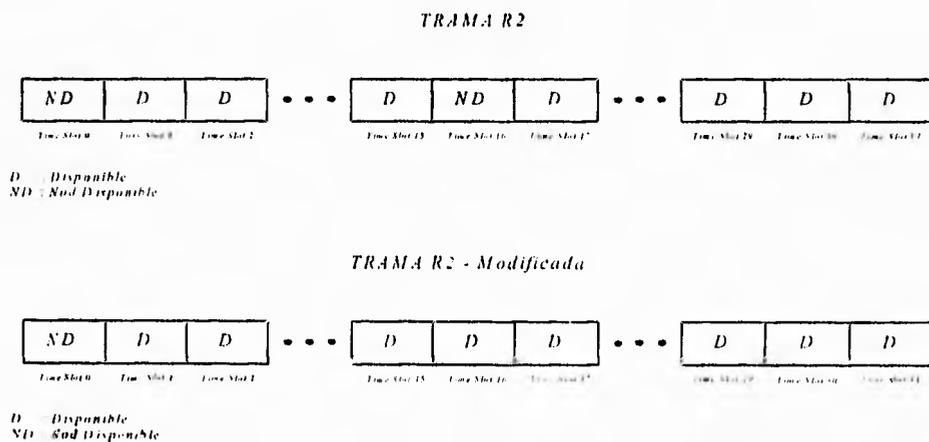


Fig. 3.3 Trama R2 y R2-Modificada

Cada E1 puede ser No Fraccionado o Fraccionado, el E1 No Fraccionario Telmex lo proporciona como un enlace punto a punto y el E1 Fraccionado es un enlace punto multipunto, esto último lo logra Telmex gracias a sus equipos DACCS : *Digital Agregate Cross Connect Systems*, con los cuales al igual que un conmutador da la facilidad de poder tener enlaces permanentes en diferentes puntos. Por lo general cuando un usuario solicita una punta E1, Telmex proporciona un equipo Multiplexor PCM cuya función

principal es la de convertir la señalización óptica que se maneja a lo largo de RDI a una señalización eléctrica G.703, que es la que ocupa el equipo terminal del usuario transformando así el medio de comunicación de fibra óptica a cable coaxial. Ahora bien, no todos los usuarios (o futuros usuarios de RDI) pueden costear, pagar o utilizar un enlace de E1, por lo que Telmex ha desarrollado un enlace tipo DS0, que consiste en ofrecer un enlace digital de 64 kbps, el cual es llevado al usuario por medio de líneas de cobre y proporciona así, en vez de un equipo Multiplexor PCM, un equipo DSU/CSU (Data Service Unit / Communication Service Unit), el cual se encargará de dar al equipo terminal del usuario una interfase adecuada (V.35, V.24, X.21, etc.), abaratando así el servicio y dando mayores posibilidades a los usuarios de integrarse a la RDI, ya que este DS0 es conectado al equipo DACCS en la central más cercana de Telmex. Esto puede ser representado en la figura 3.4 :

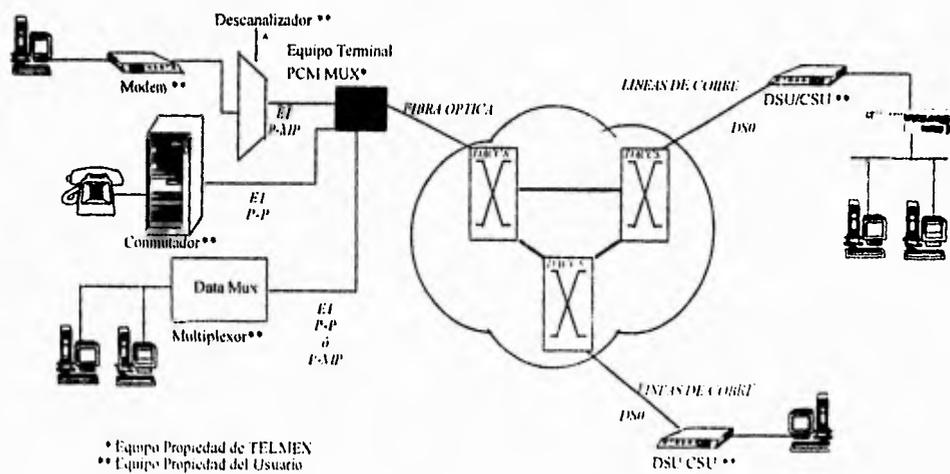


Fig. 3.4 Diferentes tipos de acceso a la RDI

En las tablas 3.1 y 3.2 se puede observar el costo y renta de los servicios DS0 y E1 mencionados anteriormente para determinadas distancias, cabe destacar que para un servicio de larga distancia, el costo total es igual al cargo de acceso por el servicio local más el costo por el tipo de servicio requerido y el cargo por km. del total de la distancia requerida para el enlace.

Enlace tipo DS0 a 64 kbps para Servicios Privados Local			
Tipo de Usuario	Cargo de Acceso	Renta Mensual	
		Cargo Fijo	Cargo por km
Ampliación a Usuarios de RDI	N\$ 1,630.00	N\$ 1,300.00	N.A.
Nuevos Usuarios de RDI	N\$ 3,260.00	N\$ 1,300.00	N.A.
Enlace tipo E1 a 2.048 Mbps para Servicios Privados Local			
Tipo de Usuario	Cargo de Acceso	Renta Mensual	
		Cargo Fijo	Cargo por km
Acceso Digital E1 Punto - Punto	N\$ 91,430.00	N\$ 7,620.00	N.A.
Acceso Digital E1 Punto - Multipunto	N\$ 45,715.00	N\$ 3,875.00	N.A.

Notas :

1. El cargo por Acceso y Renta Mensual incluyen dos sitios.
2. El Acceso Digital E1 Punto - Multipunto incluye una sola punta.
3. N.A. : No Aplica.

Tabla 3.1 Servicios Locales

Enlace tipo DS0 a 64 kbps para Servicios Privados de Larga Distancia			
Rango en km	Cargo de Acceso	Renta Mensual	
		Cargo Fijo	Cargo por km
0 - 81	N\$ 4,560.00	N\$ 360.00	N\$ 9.00
82 - 161		N\$ 750.00	N\$ 6.50
162 - 805		N\$ 1,400.00	N\$ 2.45
806 o más		N\$ 1,970.00	N\$ 1.80
Enlace tipo E1 a 2.048 Mbps para Servicios Privados de Larga Distancia			
Rango en km	Cargo de Acceso	Renta Mensual	
		Cargo Fijo	Cargo por km
0 - 81	N\$ 92,210.00	N\$ 7,100.00	N\$ 162.00
82 - 161		N\$ 14,915.00	N\$ 120.00
162 - 805		N\$ 28,035.00	N\$ 46.00
806 o más		N\$ 39,545.00	N\$ 33.00

Notas :

1. Los cargos por acceso incluyen dos partes locales
2. La Renta Mensual no incluye la parte local.
3. La aplicación de estas cuotas a la longitud del circuito no es acumulativo, cada rango excluye a los anteriores.

Tabla 3.2 Servicios de Larga Distancia

3.2 RADIO-ENLACES PRIVADOS (IUSANET)

En lo que a este tema se refiere, se puede decir que sólo existe una compañía sobresaliente a nivel nacional que pudiese competir en cuanto a servicios y cobertura con la RDI-64 de Telmex, la cual es IUSANET (del grupo IUSA). Sus servicios se refieren a enlaces en radio-frecuencia, los cuales se pueden resumir en una red integral de comunicaciones que se compone de los siguientes elementos: comunicación celular, comunicación vía satélite, circuitos privados digitales y red de conmutación de paquetes

X.25. En este subtema sólo hablaremos de los dos últimos elementos, ya que la comunicación celular no está contemplada como medio de interconexión en el diseño de nuestra red y la comunicación vía satélite se aborda en el siguiente punto.

Circuitos Privados Digitales

Entre los servicios privados con los que se puede contar con IUSANET se encuentran los siguientes:

- Interconexión con sistema celular (líneas telefónicas).
- Interconexión con redes de datos.
- Interconexión con red satelital.
- Redes privadas: Enlaces punto a punto.
 Enlaces punto multipunto.

Para estos circuitos privados en el área metropolitana se proporcionan capacidades para transferencia de datos de 9600 bps en Punto Multipunto, 9.6 - 19.2 kbps en microonda, 64 kbps (E0) en microonda, 2.048 kbps (E1) en microonda, y otras capacidades que pueden estudiarse según la necesidad del cliente.

Por otra parte, presenta un servicio llamado Enlace de "Última Milla", en el cual se provee de todo el trabajo necesario para lograr un enlace E1 a través de la red IUSANET, y en cuyo plan de trabajo se ofrece hacer un estudio de vista del sitio en donde se quiere el enlace y hasta el sitio celular, además de hacer la instalación de torres y accesorios, cableado y ductería, instalación del equipo de microondas hasta dejarlo funcionando a la perfección, instalación del enlace E1 o de *última milla* y la puesta en operación del enlace a SATELITRON, quien maneja los enlaces satelitales.

La red de comunicaciones metropolitana que tiene IUSANET se esquematiza en la figura 3.5

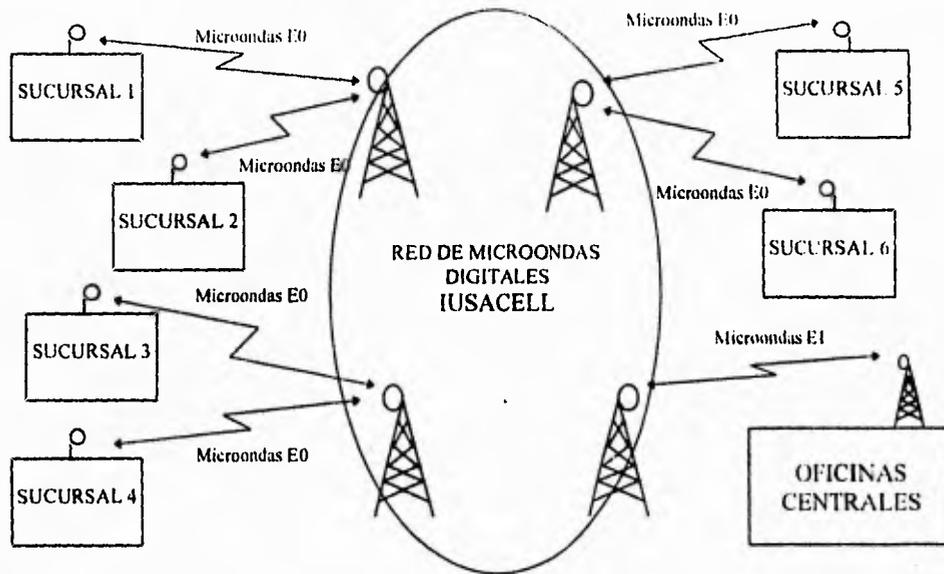


Fig. 3.5 Red de Comunicaciones Metropolitana de IUSANET.

Red de conmutación de paquetes X.25

Los servicios que proporciona IUSANET en este ramo constan de un acceso conmutado a nivel nacional, acceso celular a nivel nacional, accesos por circuitos privados sólo en la zona metropolitana y un acceso por VSAT a nivel nacional.

Las velocidades de acceso que provee se resumen a los siguientes:

- Por acceso conmutado y celular se pueden tener de 300 a 4800 bps.
- Por VSAT o circuitos privados, de 9.6 a 64 kbps.

Los protocolos que pueden manejarse a través de estos enlaces son:

- X.25
- SDLC
- ASYNC

- POLL SELECT
- QLLC
- BSC 3270
- Otros protocolos propietarios

IUSANET presta los servicios de enlaces de 64 kbps con un costo de contratación de 3,000 USD aprox. y una renta mensual de 378 USD.

3.3 COMUNICACION VIA SATELITE (SATELITRON)

Las comunicaciones por satélite presentan varias características muy atractivas. Poseen una enorme capacidad de transmisión, proporcionan una cobertura territorial muy amplia y el costo de una transmisión es independiente de la distancia entre las dos estaciones terrestres (si son atendidas por el mismo transpondedor).

A fin de tener presente qué factores motivaron el crecimiento satelital en México, se presentan algunos datos importantes de su desarrollo: en 1968 se llevó un notable esfuerzo por actualizar y desarrollar una infraestructura nacional de telecomunicaciones, por una parte se inicia la instalación de la red federal de microondas para transportar señales de televisión y de telefonía a lo largo del país y por otra se construye en Tulancingo el primer centro mexicano de enlaces internacionales por satélite a través de INTELSAT. En el año 1980, la Dirección General de Telecomunicaciones inicia la instalación de la red pública de conmutación de paquetes Telepac; en ese tiempo, México había logrado completar una infraestructura con más de 180 estaciones terrenas de recepción satelital para televisión, convirtiéndose en uno de los primeros países del mundo en utilizar los satélites internacionales INTELSAT para fines privados a nivel nacional. Se crean así las primeras cadenas de radio y televisión de cobertura nacional. Cinco años después el lanzamiento y puesta en órbita de los satélites "Morelos", ganaron dos posiciones orbitales que no eran fácil de lograr, ya que México está en un arco orbital que comparte posiciones con Estados Unidos y Canadá. Después del éxito logrado por los satélite Morelos se asignó al Instituto Mexicano de

Comunicaciones (IMC), el liderazgo del grupo técnico que habría que definir todas las especificaciones técnicas para el proyecto Solidaridad.

El Sistema de Satélites Solidaridad cuentan con servicios que operan en las bandas C, Ku y L. La banda Ku fue completamente rediseñada, con mayor capacidad de ancho de banda debido al reuso de frecuencias, operando en polarización vertical/horizontal y horizontal/vertical, teniendo un total de 16 transpondedores de 54 MHz . La Banda C tiene un total de 12 Transpondedores de 36 MHz y 6 de 72 Mhz, operando en polarización vertical y horizontal. La banda L es utilizada para comunicaciones móviles por satélite, permite conectividad total de servicios (voz, datos y fax a usuarios en tierra, mar y aire) hacia y desde cualquier sitio (tanto conmutación por circuito o conmutación punto a multipunto) en el área de cobertura de los satélites. Al contar con esta banda se revoluciona la radiodifusión, pues la banda corta será sustituida por la sonora digital, existiendo una nueva competencia en materia de estos servicios. Entre los principales servicios que presta el sistema de satélites Solidaridad se encuentran el de la distribución de señales para televisión y radio; enlaces y redes troncales de telefonía pública; redes corporativas de voz y datos, redes digitales públicas y privadas, interconexión en una red de valor agregado y servicio de comunicación móvil directo. Los satélites Solidaridad I y II tienen cobertura en las siguientes zonas:

REGION	BANDA	COBERTURA
1	C	México, Sur de los E.U.A., Guatemala, Belice, Honduras y El Salvador.
2	C	Región 1, Florida, El Caribe, el resto de Centroamérica, Colombia y Venezuela.
3	C	Ecuador, Perú, Bolivia, Paraguay, Uruguay, Chile, Oeste de Brasil y Argentina.
4	Ku	México, Sur de los E.U.A., San Francisco, Houston, Chicago, Nueva York, Guatemala, Belice
5	Ku	La Habana
6	L	México y su mar patrimonial.

Tabla 3.3 Cobertura de los satélites Solidaridad I y II

Actualmente se tiene interoperabilidad entre diferentes sistemas de comunicación debido a que se tienen sistemas de comunicaciones móviles satelitales hacia redes públicas de voz o datos. La interconexión de una terminal móvil hacia la red pública telefónica se realiza a través de una estación de interconexión de datos, la cual proveerá servicios de conmutación de paquetes de datos a través del manejo de un número determinado de canales para este propósito, el sistema puede ofrecer tráfico de datos de tipo interactivo y servicio de difusión de datos (*broadcast*).

Con la capacidad satelital actual (Solidaridad I y II) el país sirve a 340 redes privadas, 35 redes de radiodifusión que operan 1530 estaciones de radio y 120 sistemas de televisión por cable, además de una cobertura de 9,000 escuelas para televisión educativa. Asimismo hay grandes avances en telefonía rural con un alcance de 20,000 poblaciones de entre 300 y 2,500 habitantes.

Actualmente se están desarrollando las redes especializadas de conmutación y transmisión de datos, que abrirán las posibilidades de incrementar los servicios de valor agregado, indispensables para la competitividad internacional, además se realizan tres proyectos para el desarrollo de las telecomunicaciones rurales en México: nuevas tecnologías de telecomunicación aplicadas en el área de interés social a cargo del IMC, tarifas eficientes para el servicio de telefonía rural es desarrollado por la SCT, quien también está realizando estudios para ver la factibilidad de utilizar satélites de órbita baja, ya que los costos de instalación, operación y prestación de servicios de telecomunicación son menores, por otra parte, se ha dado a la tarea de fomentar un mejor uso de los transpondedores mediante técnicas de compresión de imágenes. Telecom también ha solicitado que los usuarios de la banda C mejoren sus métodos de modulación.

No obstante a todo lo anterior, los sistemas satelitales presentan algunos inconvenientes: si una señal no está bien codificada pueden surgir problemas de seguridad, además como la señal recorre una gran distancia aparece un retardo considerable entre una estación y otra: periódicamente (cada 23 días) el sol, la estación terrestre y el satélite quedan alineados, esta situación provoca que los rayos del sol caigan directamente sobre la antena terrena, lo cual ocasiona un transitorio solar, fenómeno que genera un nivel de ruido térmico que supera la intensidad de la señal

recibida. Aunado a lo anterior también en otro sistema satelital se suman inconvenientes, los VSAT (*Very Small Aperture Terminal*; Terminal de satélite de apertura muy pequeña) son costosos y no tienen la suficiente versatilidad y simplicidad requeridas en muchas ocasiones, además de ser fijos y de operación fuertemente controlada.

Una problemática importante que afecta en mayor grado a las empresas o redes que pretenden unir puntos estratégicos, por medio de un sistema satelital, es el costo total de un enlace, ya que el precio por la prestación del servicio (renta y cargo de acceso) no difiere mucho que el de una línea privada, pero la diferencia la marca el costo del equipo, que es muy alto (para multiplexaje TDM/TDMA aprox. 25,000 USD y para SCPC aprox. \$60,000 USD). Por esto es necesario evaluar el grado de seguridad y los servicios que se van a demandar del enlace, ya que de lo contrario no sería rentable gastar en el equipo. Un ejemplo de una alternativa es la que se presenta a continuación.

SATELITRON empresa que forma parte del grupo IUSA es una de las empresas sobresalientes que prestan el servicio de enlaces satelitales digitales a través de un **Telepuerto Compartido para estaciones VSAT en México**, el cual entre otros servicios **permite comunicaciones extremo a extremo (voz, datos y video) prestando asistencia y asesoría en decisiones relacionadas a los enlaces prestados, así como, administración, monitoreo y control remoto de la red, presentando reportes periódicos a los clientes en cuanto al uso del equipo. El telepuerto compartido incluye:**

- * Antena de 9.2 m para banda C.
- * Equipo electrónico redundante de radio-frecuencia.
- * Equipo de banda base ISBN de HNS.
- * Centro de Control ILLUMINET de HNS.
- * Enlace terrestre de microondas IUSACELL.

Además cuenta con otros servicios de valor agregado para enlaces satelitales, los cuales incluyen un plan de trabajo, que ofrece un estudio de campo para la instalación de la estación terrena, obra civil y eléctrica, ductería y cableado eléctrico, la instalación del VSAT, pruebas de aceptación y puesta en operación del enlace.

Las características de los servicios satelitales que presta SATELITRON son las siguientes :

- Manejo de señales de datos, voz y videoconferencia.
- Velocidad en datos de 1.2 a 64 kbps.
- Voz comprimida a 16 kbps.
- Técnica de acceso TDM/TDMA.
- Cobertura nacional.
- VSATs con antenas de 1.8 o 2.4 metros.
- Protocolos de datos X.25, SDLC, TCP/IP, etc.

En la tabla 3.4 se presentan algunos precios de los servicios que presta SATELITRON, se puede observar que en los precios no se incluye los gastos de viaje, alimentación y hospedaje en los que se necesite hacer alguna instalación, inspección, etc., ni el precio de los multiplexores requeridos, así como, los gastos de acondicionamiento del lugar (tierras físicas, instalación eléctrica, espacio, etc.) todo esto incrementa considerablemente los gastos de los enlaces.

Concepto	Precio Unitario de Instalación y Activación (USD)	Renta mensual (USD)
Enlace de microondas de 2.048 Mbps.	11,000.00	950.00
Enlace de microondas de 64 Mbps.	3,000.00	378.00
Primera antena VSAT tipo GES	6,500.00	3,500.00
Antenas VSATs tipo GES restantes	3,500.00	3,500.00

* GES (Gemini Earth Station)

Tabla 3.4 Costos de los servicios de SATELITRON

En la figura 3.6 se muestra la típica red de comunicación de SATELITRON:

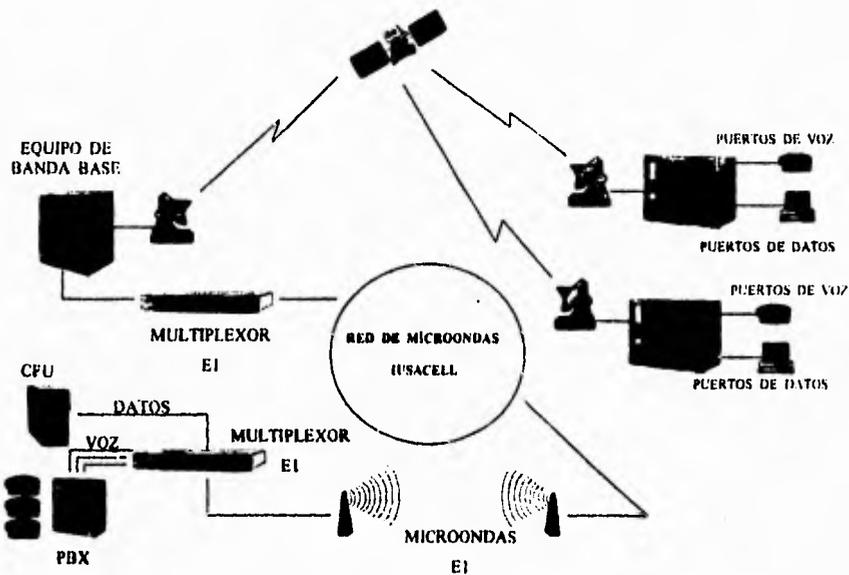


Fig. 3.6 Enlaces vía satélite y red de microondas

Como se puede apreciar, los servicios que proporciona IUSANET en conjunto con SATELITRON, son comparables a los que ofrece RDI, sin embargo son más caros y se deben analizar las necesidades y recursos para poder decidir el *carrier* adecuado o alguna otra alternativa de intercomunicación, que como se mencionó en el principio del capítulo son diversas, a continuación se presentan algunas de las más relevantes:

Enlace privado de microondas 1+0 (sin protección) con capacidad E1 tiene un costo aproximado de 22,000 USD aprox. y con capacidad E2 de 26,000 USD con un pago anual de derecho de uso de frecuencias de 511 USD anuales. Otra alternativa es el uso de radio UHF a 64 kbps, el cuál es viable en las ciudades de México, Monterrey y Guadalajara, el costo de un enlace de este tipo es de 7,000 USD y el pago anual a SCT es de 300 USD. Los equipos de radio que usan tecnología Spread Spectrum (Espectro Esparcido), pueden resultar una alternativa interesante en mediana capacidad menos

de 5,000 USD el par. El problema que presentan actualmente (May 95) estos equipos es que la falta de una regulación clara por parte de SCT hace que no se puedan considerar como un medio confiable, ya que muchos usuarios han instalado este tipo de enlaces sin ningún tipo de coordinación por parte de la SCT.

El objetivo central de este capítulo ha sido tener conocimiento de los principales medios de intercomunicación existentes en México así como su costo. Evaluarlos y tomar la decisión de cuales serán los más convenientes para interconectar nuestra red será abordado en otro punto.

**ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

CAPITULO 4

DISEÑO DE LA RED NACIONAL DE VALOR AGREGADO

4.1 REDES DE VALOR AGREGADO

4.1.1 DESCRIPCION Y SERVICIOS

En la actualidad las redes las redes públicas de datos han alcanzado una amplia cobertura geográfica lo cual ha contribuido al uso de consulta remota de bases de información (*Bulletin Board Systems* ó BBSs) y al procesamiento remoto de datos, que además se han incrementado con el uso generalizado de PC's en los últimos años. Debido a esto ha surgido el concepto de Servicios de Telecomunicaciones de Valor Agregado, que se define como aquellos servicios que se prestan a terceros y que estos utilizan como soporte para la conducción de señales, redes de telecomunicaciones y, si es necesario, una red complementaria local.

A continuación se describen algunos servicios de telecomunicaciones de valor agregado:

Procesamiento Remoto de Datos. El prestador de servicios ofrece tiempo de máquina, así como programas de cómputo para que los usuarios procesen en forma remota su información, a través de equipos terminales que se conectan por cualquier medio de comunicación.

Consulta Remota a Bases de Datos. Se ofrece a los usuarios acceso remoto a bancos de datos con información de interés general o especializada, mediante equipos terminales que se conectan por cualquier medio de telecomunicación.

Correo Electrónico. Se caracteriza por la asignación a cada usuario de un segmento en la memoria del centro de cómputo del prestador de servicios (buzón electrónico), en el cual se depositan en forma remota mensajes de voz, datos o facsímil dirigidos al suscriptor, quien los extrae de manera diferida mediante terminales de video, impresoras u otros equipos terminales apropiados que se conectan por cualquier medio de telecomunicación.

Videotex. Es un servicio de comunicación interactiva bidireccional que permite al usuario mediante una terminal dedicada, microcomputadoras o televisores domésticos adaptados con algunos dispositivos adicionales, consultar en forma remota centros de información administrados por el prestador del servicio a través de cualquier medio de telecomunicación, obteniendo en la pantalla del usuario textos o gráficos con informaciones diversas que pueden ser entre otras telecompras, directorio telefónico, etc.

Teletex. El prestador de servicios ofrece el enrutamiento y conversión de protocolos o velocidades para el tratamiento de textos y permitir que sus usuarios intercambien entre sí, textos por telegrafía desde sus equipos terminales o computadoras.

Teletexto. Sistema de transmisión unidireccional de datos que mediante su inserción en la trama vertical suprimida de un canal de televisión, permite a los usuarios del servicio dotados de receptores equipados adecuadamente visualizar imágenes gráficas o alfanuméricas previamente confeccionadas por el prestador del servicio.

Videoconferencias. Para proporcionar este servicio, el prestador del mismo cuenta con salas de juntas conectadas en forma remota a través de un medio de telecomunicación adecuado que permita a los participantes la transmisión de voz y de documentos gráficos.

Facsímil. Se ofrece a los usuarios la transmisión y recepción en forma remota de textos, escritos, dibujos, etc., utilizando para ello cualquier medio de telecomunicación.

En la actualidad la globalización de la información está obligando a las empresas que requieren atender a sus clientes multinacionales a establecer asociaciones con distribuidores locales para participar en estos mercados.

Una de las tecnologías más probadas a nivel mundial en redes públicas de datos y consecuentemente en la oferta de servicios de valor agregado, es la de "paquete de datos conmutados". Diseñada para que los usuarios cuenten con acceso local, a bases remotas de datos y con la posibilidad de interconectarse con otros usuarios, sin tener que controlar circuitos privados de larga distancia y garantizando la integridad de la información enviada.

Sin embargo, el desarrollo de nuevas aplicaciones y servicios de Valor Agregado está requiriendo cada vez más una mayor velocidad de conmutación de las redes y de más capacidad en los medios de transmisión.

Particularmente en el mercado mexicano, se puede esperar un gran desarrollo de los servicios de valor agregado debido principalmente al incremento que se ha dado en la cultura del cómputo, a la disponibilidad de PC's y redes de área local (LAN) que requieren comunicarse con otros equipos y sistemas, a la disponibilidad a redes públicas de comunicación de datos con acceso a nivel mundial y a las alianzas estratégicas que se están materializando entre los *carriers* (empresas dedicadas a la transportación de información) internacionales y empresas nacionales.

La plataforma indispensable de los servicios de valor agregado en nuestro país, al igual que en casi todo el mundo conocido como economías emergentes, se está iniciando

con cambios en las comunicaciones sobre la base de establecer una infraestructura de telecomunicaciones de primer orden que le permita competir a nivel internacional.

4.1.2 REGLAMENTOS

Conforme a lo dispuesto en el artículo 8º del Reglamento de Telecomunicaciones, publicado el 29 de Octubre de 1990 en el Diario Oficial de la Federación, la instalación, establecimiento, operación y explotación de servicios especiales de telecomunicaciones, entre los cuales se encuentran los servicios de telecomunicaciones de valor agregado, requieren de permiso de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

Para obtener el permiso para proporcionar servicios de valor agregado, los interesados deberán presentar el formato de solicitud para servicios de telecomunicaciones de valor agregado, acompañado de la documentación siguiente:

1. Fotocopia del Acta Constitutiva o Acta de Nacimiento del solicitante.
2. Poder del Representante Legal para tramitar asuntos ante la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.
3. Dos tantos de la memoria técnica descriptiva del sistema avalada por un Perito en Telecomunicaciones de acuerdo al formato de presentación.

Para servicios facsímil, que utilicen exclusivamente la red telefónica pública conmutada, bastará con presentar una relación que contenga la información siguiente:

- Domicilios donde serán instalados los equipos facsímil.
- Cantidad, marca y modelo de los equipos en cada domicilio.
- Número telefónico que será utilizado en cada equipo.

4. Estudio socio-económico y de inversiones. Dicho estudio deberá contener la siguiente información:

- Estimación de los usuarios potenciales al inicio de la presentación del servicio, así como el pronóstico para los primeros tres años.
- Descripción de las inversiones a realizar, desglosando los diversos rubros relativos en la presentación del servicio.
- Fuentes de financiamiento e ingresos anuales estimados.
- Código de prácticas comerciales y tarifas.

Para servicios de facsímil que utilicen exclusivamente la red telefónica pública conmutada, no será necesario que presenten esta información.

5. Constancia de pago por los derechos señalados en la Ley Federal de Derechos.

El establecimiento de infraestructura propia de telecomunicaciones sólo podrá ser autorizado en los siguientes casos:

- a) Establecimiento de una red complementaria local de telecomunicaciones a través de la cual se proporcione el servicio de valor agregado a un grupo restringido de usuarios con o sin interconexión a las redes públicas de telecomunicaciones.
- b) Establecimiento de cualquier medio de telecomunicaciones para enlazar domicilios del permisionario a nivel local, siempre que éstos sean afectos a la presentación de los servicios.

Para los enlaces de telecomunicaciones instalados con infraestructura propia, deberá presentarse una solicitud para su autorización de acuerdo a los instructivos específicos, para ello deberá contarse previamente con el permiso para prestar servicios de valor agregado.

En cuanto a la prestación de servicios de telecomunicaciones de valor agregado mediante el uso de subportadoras o canales radioeléctricos disponibles, subordinados al

canal principal de las estaciones de radiodifusión autorizadas requerirá, de acuerdo al artículo 41 del Reglamento de Telecomunicaciones, de un permiso específico de la Dirección General de Políticas y Normas de Comunicaciones. Además de lo anterior, el prestador de servicios de valor agregado deberá tramitar ante la Dirección General de Normas de Sistemas de Difusión el permiso correspondiente para el aprovechamiento de subportadoras o espacios radioeléctricos disponibles dentro del ancho de banda autorizado al concesionario de radiodifusión. Dicha Dependencia del Ejecutivo Federal otorgará este permiso una vez que se haya tramitado y obtenido el correspondiente para la prestación del servicio de telecomunicaciones de valor agregado.

De la misma manera, los servicios facsimil que se presten a través de infraestructura propia o que utilicen como soporte redes de telecomunicaciones autorizadas, requerirán un permiso específico de la Dirección General de Políticas y normas de Comunicaciones. Además de lo anterior, el prestador del servicio deberá tramitar los permisos correspondientes para la utilización de los medios de comunicación del caso.

Si el servicio es proporcionado utilizando exclusivamente la red telefónica pública conmutada, el prestador del mismo únicamente deberá obtener el permiso de la Dirección General de Políticas y Normas de Comunicaciones, cumpliendo con los requisitos que para el caso se señalan en las correspondientes guías; de igual forma las modificaciones que se realicen en la prestación del servicio deberán notificarse cada 6 meses.

Las solicitudes para establecer, operar y explotar los servicios de telecomunicaciones de valor agregado que sean presentadas a la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, serán analizadas para determinar si éstas cumplen con los requisitos y con las disposiciones técnicas, legales y administrativas establecidas.

En caso de que el resultado sea satisfactorio se otorgará el permiso respectivo, sujeto a las consideraciones que por la naturaleza del servicio le sean señaladas en dicho permiso.

Los permisionarios de servicios de valor agregado deberán someter a consideración de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes las modificaciones que se pretendan realizar en cualquiera de los casos siguientes:

- Incorporación o reubicación de nodos
- Cualquier modificación que altere los medios de transmisión, su capacidad o los trayectos autorizados.
- Cualquier adición, modificación o cancelación de los servicios prestados.

Para cumplir con este punto deberá presentarse:

1. Formato de Solicitud para Servicios de Telecomunicaciones de Valor Agregado debidamente requisado.
2. Actualización de la Memoria Técnica en todas sus partes. En el caso de los servicios facsímil que utilicen exclusivamente la red telefónica pública conmutada, sólo se deberá remitir una relación de actualización que contenga la información señalada en el punto 3 de los requisitos para obtención del permiso.
3. Fotocopia de los comprobantes de pago de Derechos.

La Secretaría de Comunicaciones y Transportes resolverá sobre las solicitudes e informará al permisionario cuando se requieran trámites adicionales para autorizar las modificaciones.

4.2 ANALISIS DE NECESIDADES

Introducción

Las empresas durante los últimos años han promovido la necesidad cada vez más grande de integrarse no solamente en sus oficinas centrales, sino también en sucursales de éstas y niveles aún más bajos, por lo que han requerido un medio de comunicación que pueda integrar estos elementos. Nos referimos a empresas en las que el acceso y el

compartir información en forma continua e inmediata es crítico para la realización de su negocio.

Como una respuesta a esta necesidad, la Red Nacional de Servicios de Valor Agregado que se describe en este trabajo presenta una buena opción de solución de conectividad, ya que permite explotar el concepto EDI (*Electronic Data Interchange*) al proporcionar a los clientes soluciones operativas y administrativas completas.

Los clientes potenciales esperan un servicio integral en comunicaciones, de rápida instalación y que pueda ser adaptado a sus necesidades específicas. Las principales características que se deben cubrir son las siguientes :

- Rapidez de instalación y cumplimiento
 - Respuesta inmediata en la instalación del servicio
 - Puntualidad en fechas de instalación
 - Cumplimiento de los servicios ofrecidos
- Soluciones integrales
 - Solución a todas las necesidades de comunicación a través de una sola compañía
 - Ofrecer soluciones integrales utilizando las tecnologías disponibles vs. soluciones parciales enfocadas a vender una tecnología
- Flexibilidad del servicio (servicio a su medida)
 - Manejo de diferentes tipos de interconexión, protocolos y arquitecturas con el fin de adaptarse a las necesidades del cliente
- Seguridad, confidencialidad e integridad de la información
- Soporte a crecimiento
 - Para ofrecer nuevas aplicaciones, nuevos protocolos, mayor número de líneas, nuevas ubicaciones, etc.
- Compatibilidad con equipo instalado
- Atención personalizada

- Mantenimiento tanto preventivo (periódico) como correctivo (inmediato a posibles fallas)
- Soporte técnico y asesoría

Objetivos

Con esta red se pretende lograr una comunicación directa entre tres nodos principales, los cuales son: México, Monterrey y Guadalajara. Estos nodos se sitúan en dichas ciudades debido a que son los centros de mayor concentración demográfica y comercial en la República Mexicana y en donde en algún momento dado podrían localizarse las matrices de las corporaciones que requieran los servicios que se mencionarán posteriormente.

Cada uno de los tres nodos principales contará con los equipos para intercambio de información necesarios para llevar a cabo su comunicación sin problemas, ya sea entre usuarios que se encuentran dentro de la misma ciudad, a través de las instalaciones celulares que tiene la red distribuidas en la zona o entre sucursales o asociados que se encuentren en diferentes ciudades por medio de enlaces satelitales o línea conmutada (RDI).

Es necesario mencionar que cada nodo tendrá "autonomía" con respecto a los otros dos, sin dejar de tomar en cuenta que éstos estarán interconectados permanentemente. Lo anterior se refiere a que dentro de cada ciudad existirá un nodo capaz de comunicarse con las otras ciudades en caso de que el usuario lo requiera, pero si existe algún usuario que no tenga extensiones en otras ciudades sino en una sola, el nodo podrá manejar sus servicios sin interferir con los otros nodos principales.

En cada nodo principal deberá existir un Centro de Control y Administración de Red, puesto que cada nodo tendrá funciones de núcleo de la red de su zona y a la vez formará parte de la Red Nacional.

El usuario que solicite servicios tendrá la opción de comunicarse y hacer el intercambio y procesamiento de su información ya sea mediante la conexión directa a la RDI ó con el equipo de radio-frecuencia que se le proporcione. Para esto último se utilizarán las estaciones celulares que se instalarán estratégicamente, tanto para cubrir toda la zona geográfica como para soportar las densidades de información de la misma. Estas estaciones (o células) a su vez se conectan con el nodo principal de la ciudad donde se encuentra el CCAR (Centro de Control y Administración de Red). En caso de que el cliente lo desee se podrá dar alguna vía alterna para el flujo de datos previendo una falla en el equipo.

De igual manera los enlaces que conectan los tres nodos principales deberán tener redundancia en cuanto a equipo y medios de comunicación. El soporte a equipo lo proporcionará el proveedor del mismo.

Servicios

La servicios principales que se piensan atacar son los referentes a operaciones de tipo transaccional.

Al hablar de operaciones transaccionales nos referimos a aquellas en las que se intercambian paquetes de información a distancia, entre una terminal llamada "remota" y una computadora central, comunmente conocida como "host".

Algunas aplicaciones de tipo transaccional son los Cajeros Automáticos ATM (*Automatic Teller Machine*), las Terminales Punto de Venta POS (*point of sale ó point of service*), servicios de Telereservaciones (aviones, hoteles, espectáculos, etc.), loterías y concursos instantáneos y consultas a bases de datos en general. Existen otros servicios como son el correo electrónico (*E-mail*) ó los servicios de facsímil que también pueden ser cubiertos, sin embargo no presentan el grueso de las necesidades de las empresas a que se piensa enfocar el presente diseño.

Como un ejemplo se puede mencionar el caso actual de las terminales POS.

Las terminales POS se encuentran en una gran parte de los comercios en los que se desea disminuir el tiempo para cargos en tarjetas de crédito. Resultan una solución a las antiguas consultas telefónicas que solían tomar algunos minutos por cada consulta y/o cargo a cuentas de crédito, lo cual disminuía la capacidad de ventas y aumentaba las filas de espera. Estas consultas telefónicas se han transformado en el simple paso de una tarjeta plástica a través de un detector magnético, mismo que envía los datos de la tarjeta a una central y accede directamente a la cuenta en cuestión, lo cual toma sólo unos segundos. Es así como resulta una herramienta indispensable para los comercios con política de "servicio rápido".

Regularmente este tipo de terminales son un servicio que proporciona el banco al que se encuentra afiliada la tarjeta en cuestión, en el que regularmente el banco es propietario de todo el equipo y sólo tiene un convenio con el comercio, ya sea de préstamo ó arrendamiento.

Por cuestiones de costo e inversión, los bancos sólo proporcionan este tipo de servicios a un cierto "tamaño" de comercios, en los que resulta conveniente para el banco instalar un pequeño nodo y a éste un determinado número de terminales. Para conseguir el número deseado de terminales los bancos regularmente instalan estos equipos en grandes almacenes departamentales, supermercados, centros comerciales, etc. Cuando los comercios cuentan con equipo de telecomunicaciones propio, al banco se le facilita enormemente el proporcionar el servicio, y en otras ocasiones se ofrece una terminal a través de la red telefónica común, lo cual no resulta tan rápido ni tan barato.

De esta forma, la red de valor agregado del presente documento pretende dar el servicio de *point of sale* a pequeños comercios que no cuentan con estas comodidades. Estos comercios pueden tener conexión directa a través de la red a bases de datos de sus oficinas centrales, inventarios de sus almacenes. conexión directa al banco para cuentas de crédito, etc.

Las terminales POS se encuentran en una gran parte de los comercios en los que se desea disminuir el tiempo para cargos en tarjetas de crédito. Resultan una solución a las antiguas consultas telefónicas que solían tomar algunos minutos por cada consulta y/o cargo a cuentas de crédito, lo cual disminuía la capacidad de ventas y aumentaba las filas de espera. Estas consultas telefónicas se han transformado en el simple paso de una tarjeta plástica a través de un detector magnético, mismo que envía los datos de la tarjeta a una central y accede directamente a la cuenta en cuestión, lo cual toma sólo unos segundos. Es así como resulta una herramienta indispensable para los comercios con política de "servicio rápido".

Regularmente este tipo de terminales son un servicio que proporciona el banco al que se encuentra afiliada la tarjeta en cuestión, en el que regularmente el banco es propietario de todo el equipo y sólo tiene un convenio con el comercio, ya sea de préstamo ó arrendamiento.

Por cuestiones de costo e inversión, los bancos sólo proporcionan este tipo de servicios a un cierto "tamaño" de comercios, en los que resulta conveniente para el banco instalar un pequeño nodo y a éste un determinado número de terminales. Para conseguir el número deseado de terminales los bancos regularmente instalan estos equipos en grandes almacenes departamentales, supermercados, centros comerciales, etc. Cuando los comercios cuentan con equipo de telecomunicaciones propio, al banco se le facilita enormemente el proporcionar el servicio, y en otras ocasiones se ofrece una terminal a través de la red telefónica común, lo cual no resulta tan rápido ni tan barato.

De esta forma, la red de valor agregado del presente documento pretende dar el servicio de *point of sale* a pequeños comercios que no cuentan con estas comodidades. Estos comercios pueden tener conexión directa a través de la red a bases de datos de sus oficinas centrales, inventarios de sus almacenes, conexión directa al banco para cuentas de crédito, etc.

4.3 TOPOLOGIA DE LA RED

Es necesario definir un esquema general en el cual se plantee la forma en que será distribuida nuestra red a manera de tener una idea general de ella y así poder llevar a cabo la interconexión de los equipos con mayor facilidad.

En la figura 4.1 se muestran los elementos principales que compondrán la red.

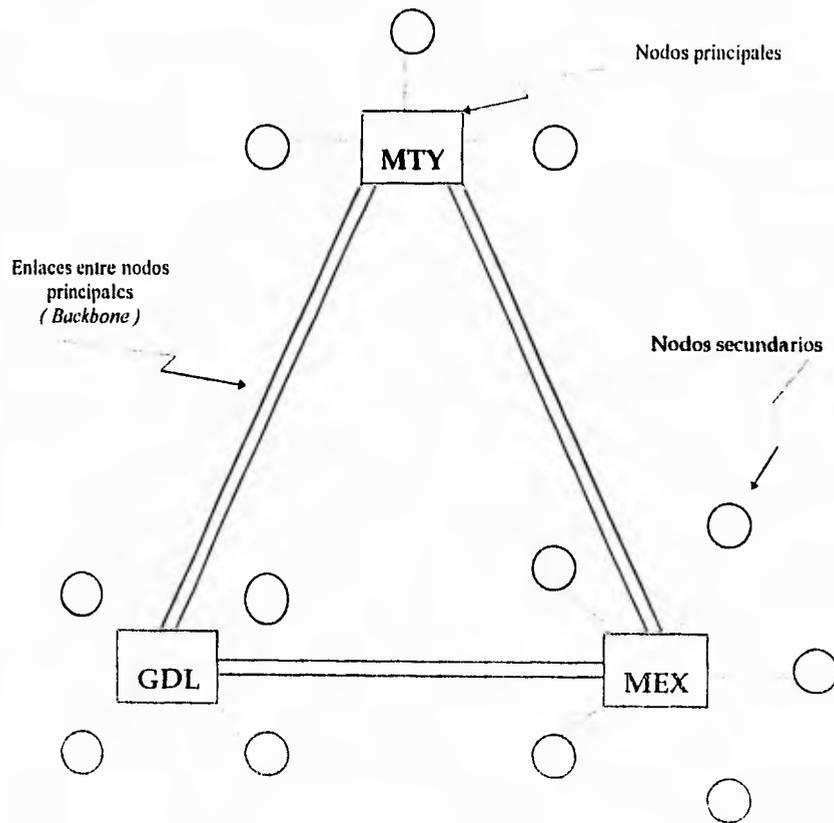


Fig. 4.1 Esquema general de la topología de la Red.
(Topología de Malla Red Principal)

Las ciudades de México, Guadalajara y Monterrey se conectarán entre sí para dar lugar a nuestra Red Principal o *Back-bone*, la cual tendrá una Topología de Malla que permitirá que los tres nodos tengan conexión física entre sí en cualquier momento, así dado el caso de que alguno de los nodos falle los otros dos no interrumpirán su conexión.

Los enlaces que comunicarán a los nodos principales entre sí serán redundantes; de esta manera se asegura que la comunicación interurbana no se pierda en ningún momento.

En la figura 4.1 se pueden apreciar a la vez otros elementos importantes que son los nodos secundarios que abarcarán completamente las comunicaciones de los usuarios que se encuentren dentro de cada ciudad y son éstos los puntos de concentración de las transferencias de información.

Cada nodo principal junto con los nodos secundarios que se conectarán a él, darán lugar a una Red Secundaria propia de cada ciudad y que presentará una Topología de Estrella en donde el núcleo de ésta será el nodo principal.

La Red Secundaria de cada ciudad presentará la topología descrita debido a que sólo en el nodo principal se podrá controlar y administrar la información que llegue a él por parte de cada usuario, por lo cual no podría realizarse una topología de malla en cada una de ellas, que sería más deseable ya que en caso de fallar el nodo principal, toda la ciudad se quedaría "incomunicada".

En la figura 4.2 se puede apreciar la Topología de Estrella configurada en cada nodo principal.

El número de nodos secundarios para cubrir una ciudad dependerá de la geografía y de la extensión de la última

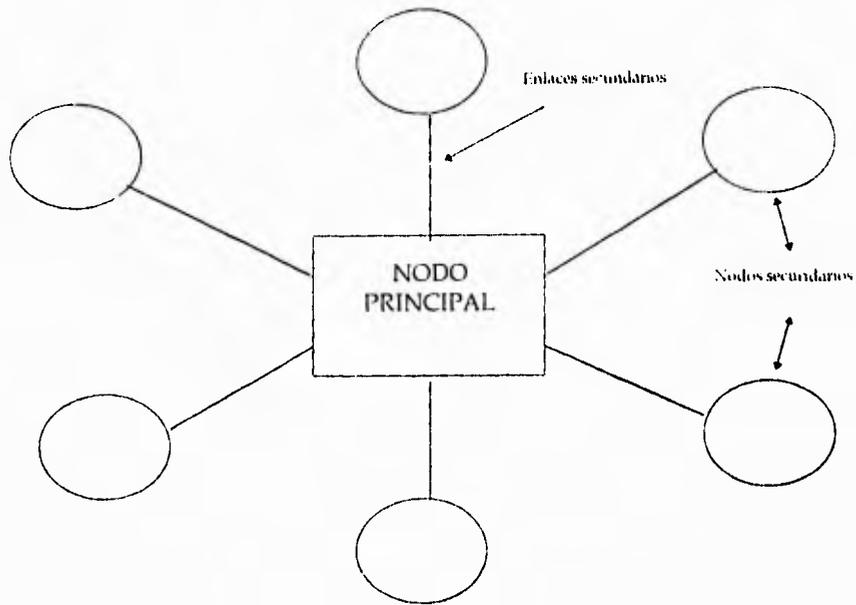


Fig. 4.2 Topología de Estrella de la Subred de cada ciudad.

4.4 RECOMENDACIONES Y MANEJO DE PROTOCOLOS

Como habíamos mencionado, los protocolos de comunicación son reglas y procedimientos que proporcionan una técnica uniforme para gobernar una línea de comunicaciones. Estas reglas y procedimientos proveen la administración, asignación y control, de los recursos involucrados, así como el establecimiento de todos para evitar y/o solucionar problemas acontecidos por situaciones de excepción, ocurridas en cualquiera de los elementos que intervienen en la comunicación.

Una de las principales características que debe tener una red de valor agregado es el de proporcionar a los usuarios la posibilidad de enrutar y transportar múltiples

protocolos de comunicación, esto debido a que los usuarios de la red utilizan diversos equipos y redes internas con protocolos de comunicación que teóricamente fueron estudiados y elegidos de acuerdo a las necesidades propias de éstos y en algunos casos fueron planeados para que trabajaran en arquitecturas abiertas de comunicación con el fin de interconectarse con otras redes públicas y privadas. Gracias a las características de la red así como de los equipos de comunicación de la misma se puede lograr este objetivo.

A continuación describiremos algunas características generales de los principales protocolos de comunicación que podrán utilizarse en la red de valor agregado que se esta diseñando.

X.25

Debido a la necesidad de comunicación de largo alcance, la recomendación X.25 fue desarrollada en 1980 por la CCITT, en un esfuerzo conjunto de Canadá, Francia, Japón y EE.UU.

Esta recomendación cubre los tres primeros niveles de conexión del modelo OSI, que son la física, de enlace y de red. Esta recomendación cuenta con un conjunto de normas asociadas para conexión de equipos en forma asíncrona así como la conexión con otras redes.

Una red X.25 es una red de comunicaciones de datos que usa la tecnología de conmutación de paquetes para la transmisión de datos, generalmente al hablar de X.25 nos referimos a una serie de recomendaciones de comunicación, aunque estrictamente se define como las características de la interconexión entre un DTE y un DCE.

A continuación se definen los niveles de esta recomendación:

Nivel 1: Especifica el uso de un circuito sincrónico *Full Duplex*, punto a punto, que provee la vía para la transmisión física entre el DTE y la red. Se recomienda el uso del

estándar CCITT V.24 (EIA RS-232) en la interfaz física entre el DTE y un modem (circuito analógico), para el caso de utilizar un circuito digital, el estándar recomendado es la interfaz X.21 que es una interfaz de 8 terminales.

Nivel 2: Describe el procedimiento de acceso al enlace que se usa para el intercambio de datos entre un DCE y un DTE. Sus principales funciones son:

- Conectar y desconectar el enlace
- Transferir datos e información de control del enlace
- Detectar errores de transmisión y recuperarlos si es posible
- Reconocer errores de procedimientos
- Pasar información de estado al nivel de red

Se determina la utilización de protocolos HDLC y la clase de procedimientos de ISO para un sistema balanceado punto a punto LAPB: *Link Access Procedure Balanced*, estos procedimientos aseguran que los paquetes proporcionados por el nivel 3 son almacenados en *frames* y se transmiten confiablemente entre el DTE y la red.

Nivel 3: Especifica la manera en la cual la información de control y los datos del usuario se estructuran en paquetes. La información de control así como el direccionamiento, están contenidas en el encabezado del paquete y le permite a la red identificar el DTE al que se dirige dicho paquete.

X.25 define procedimientos que se usarán en la interconexión de un DCE y el equipo de la red, usualmente denominado DCE. Los servicios que proporciona una red X.25 son:

- Declaración de circuitos virtuales conmutados

Asocia temporal y locamente los extremos que desean comunicarse utilizando un solo camino físico en el preciso momento en que viajarán los datos.

Es la conexión DTE-DTE que se establece durante la llamada.

- Declaración de circuitos virtuales permanentes

Es una asociación permanente entre dos DTE, la cual es el equivalente lógico en una línea privada dedicada, punto a punto, por lo cual no se requiere del establecimiento de una llamada por parte de uno de los DTE's.

Es la conexión DTE-DTE que se establece en forma continua.

- Manejo de datagramas

Bloque de datos que contiene suficiente información de control en su interior, con el fin de no necesitar el apoyo de otro tipo de mensaje, para efectos de lograr una transmisión confiable hacia el destino provisto.

En las especificaciones de la CCITT existen otras recomendaciones de la serie "X" para las redes públicas de datos, PDN : *Public Data Network* , las cuales son:

- X.1 Clases de servicios de PDN a usuarios internacionales.
- X.2 Facilidades de PDN's de uso internacional.
- X.3 Facilidades y características de ensamblado/desensamblado de paquetes (PAD).
- X.20 Interconexión entre DTE y DCE para servicios de transmisión ST/SP en PDN's.
- X.20 bis Interconexión compatible V.21 entre DTE y DCE para operación sincrónica en PDN's.
- X.21 Interconexión de propósito general entre DTE y DCE para operación sincrónica en PDN's.
- X.21 bis Uso de DTE's, en PDN's que son diseñadas para interconectarse con modems síncronos de la serie V.
- X.24 Lista de definiciones para circuitos de intercambio entre DTE y DCE en PDN's.

X.25 Interconexión entre DTE y DCE para terminales operando en el modo de paquetes, en PDN's.

X.26 Características eléctricas para circuitos de intercambio no balanceados para uso general, con equipos de circuitos integrados en el campo de las comunicaciones de datos.

X.27 Igual que X.26 pero para circuitos balanceados.

X.28 Interconexión DTE-DCE para un DTE en modo asíncrono accediendo a un PAD en una PDN situada en el mismo país.

X.29 Procedimientos para el intercambio de información de control y datos del usuario, entre un DTE en modo de paquetes y un PAD.

X.32 Define el acceso a la red pública de datos a través de la red pública conmutada.

X.75 Interconexión entre PDN's operando bajo X.25 utilizando un *gateway* o compuerta de pasaje.

X.121 Sistema de numeración universal para PDN's. Cada país tiene asignado códigos de identificación de 4 dígitos.

En la figura 4.3 se describen gráficamente algunas de las recomendaciones mencionadas:

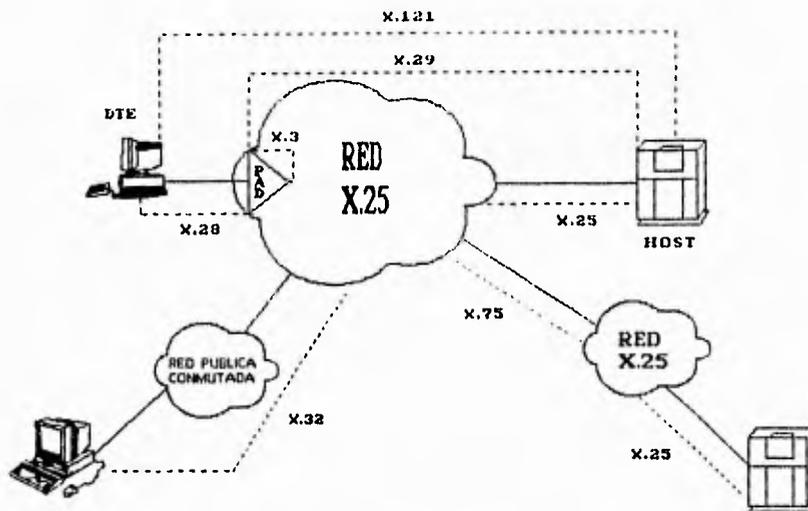


Fig. 4.3: Recomendaciones X.25

SNA : System Network Architecture

SNA es una arquitectura de comunicaciones desarrollada por IBM con el fin de especificar un modelo de comunicación estándar entre sus diferentes equipos que se encontraban ampliamente difundidos en todo el mundo, ya que éstos tenían software de comunicaciones pero los protocolos de los mismos tenían características muy diferentes, por lo cual no era posible establecer una comunicación entre éstos. SNA sirvió de base para que se desarrollara el modelo de 7 capas de OSI.

SNA tiene como objetivo proveer:

- Un mecanismo de distribución de funciones, que realice algunas de las tareas del computador central hacia los periféricos del sistema y equipos remotos.
- Independencia de conexión, de forma tal que diferentes tipos de equipos pueden conectarse al mismo enlace, usando un protocolo común, denominado SDLC.
- Independencia del dispositivo, a efecto de que las aplicaciones sean escritas sin tener en cuenta las características específicas del dispositivo a ser usado.
- Flexibilidad de configuración, para que se pueda cambiar fácilmente la disposición de la red.
- Proveer confiabilidad, la recuperación de errores de datos debe de ser transparente para el usuario.
- Proveer eficiencia, poder tener y elegir canales de transmisión más rápidos y evitar congestiones en la red por medio de ruteo de información por diferentes vías.
- Fácil uso, haciendo transparente al usuario la comunicación de los datos.
- Permitir compartición de recursos, tales como dispositivos de almacenamiento, impresoras, líneas de comunicación, etc.
- Proveer seguridad en la red, tener niveles de seguridad no sólo a nivel de aplicaciones sino también en medios de comunicación.
- Posibilidad de administración de recursos, proporcionando herramientas para la administración como el poder detectar fallas de equipos, monitoreo de los mismos.

SNA define las responsabilidades funcionales de cada componente de la red y las reglas de comunicación entre los mismos, proveyendo una estructura de red coherente que pueda acomodar diferentes configuraciones de la red y aplicaciones del usuario.

- Niveles de SNA

Las funciones de SNA están divididas en una estructura jerárquica que consiste en siete capas. cada capa en la arquitectura realiza un número específico de funciones, a continuación listaremos estas capas y sus funciones.

Physical Control Layer. Esta capa provee la interfaz física para cualquier medio que se encuentre conectado a ésta. Define las características eléctricas y de transmisión necesarias para establecer, mantener y terminar la conexión física.

Data Link Control Layer. Provee protocolos para transferir unidades de mensaje a través de un enlace y realiza el control de flujo así como la detección y corrección de errores.

Esta capa soporta los protocolos SDLC, canal de datos System/370, CCITT X.25, y Token Ring.

Path Control Layer. Provee protocolos para rutear las unidades de mensaje a través de la red, todas las sesiones utilizan esta capa para:

- Seleccionar rutas a través de la red
- Rutear datos a través de la red
- Segmentar y ensamblar mensajes
- Control virtual de las rutas
- Control específico de rutas

Transmission Control Layer. Provee el control básico de la transmisión por medio de:

- Verificación de números de secuencia
- Encapsular o desencapsular datos
- Control de nivel de sesión
- Permite el uso de *Boundary Function* (Conversion de dirección de red a dirección física) para los nodos

Data Flow Control Layer. Provee el servicio de control de flujo entre dos unidades lógicas (LU's) por medio de:

- Asignación de números de secuencia
- Correlación entre *requests* y *responses*
- Agrupamiento de unidades de *request* en cadenas
- Agrupamiento de series de cadenas in paquetes
- Coordinar la sesión en lo relacionado al envío y recepción

Presentation Service Layer. Define los protocolos para comunicación programa a programa (*program to program*) y control de la conversación entre los programas por medio de:

- Cargar programas de transacción
- Mantener conversación tanto de envío como recepción
- Procesar programas de transacción

Transaction Service Layer. Implementa servicios de programas de transacción en una red SNA, estos programas proveen los siguientes servicios para usuarios finales:

- Servicios de configuración
- Servicios de sesión
- Servicios de administración

Los nodos de una red SNA se clasifican en dos tipos, que son:

- NAU : *Network Addresable Units*

Estas permiten al usuario finales enviar información a través de la red, se clasifican en:

- LU : *Logical Units.* Controla el intercambio de información de usuario final actuando como un intermediario entre éste y la red.

- PU : *Physical Units*. Cada nodo contiene una unidad física para controlar el enlace entre este y los demás nodos
- SSCP : *System Service Control Points*. Activan, controlan y desactivan los recursos de la red.

- PCN : *Path Control Network*

Enruta y transmite información entre las NAU's, provee funciones de:

- Transmisión de datos a través de enlaces entre nodos
- Enruta datos entre nodos de diferentes subareas

A continuación se muestra gráficamente el modelo SNA:

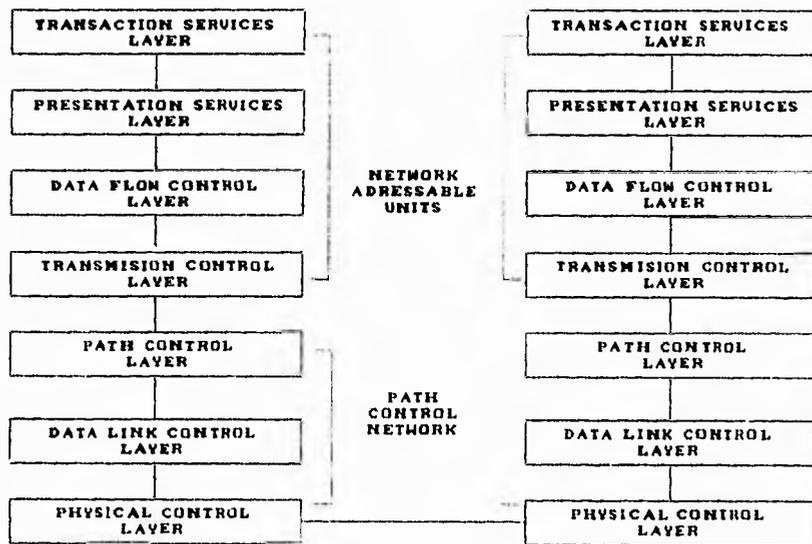


Fig. 4.4: Modelo SNA

TCP/IP : *Transmission Control Protocol/Internet Protocol*

Dada la necesidad del gobierno de los Estados Unidos de América de interconectar numerosos sistemas de cómputo, el departamento de Defensa comenzó con el desarrollo de varios protocolos de red que recibieron el nombre de TCP/IP, éstos permitieron el intercambio de archivos y accesos remotos a los mismos.

TCP/IP es una colección de protocolos de alto nivel que pueden operar sobre diferentes medios físicos de transmisión incluyendo par trenzado, cable coaxial o fibra óptica; utilizada diversos protocolos de bajo nivel tales como X.25, CSMA/CD, Token Ring, etc. Actualmente la topología más utilizada en redes locales, en las que se tiene TCP/IP es Ethernet.

TCP/IP permite a los usuarios acceder a otros sistemas dentro de una red local o en otro equipo en cualquier parte del mundo. Muchas utilerías especificadas como parte de TCP/IP permiten la transferencia de información, *Login* remotos, utilización de correo electrónico, ejecución de comandos en forma remota, etc.

Los protocolos de TCP/IP manejan automáticamente los formatos de conversión entre sistemas operativos, por lo cual se pueden interconectar equipos con sistemas operativos completamente diferentes gracias a que estos protocolos trabajan en las capas superiores.

El modelo de TCP/IP contempla cuatro capas, en las cuales existen protocolos con diversas funciones, con el fin de tener una conectividad completa, estas capas son:

- *Network Access Layer*
- *Internet Layer*
- *Host-to-Host Layer*
- *Process Layer*

A continuación se muestra la estructura de estas capas y los protocolos de las mismas.

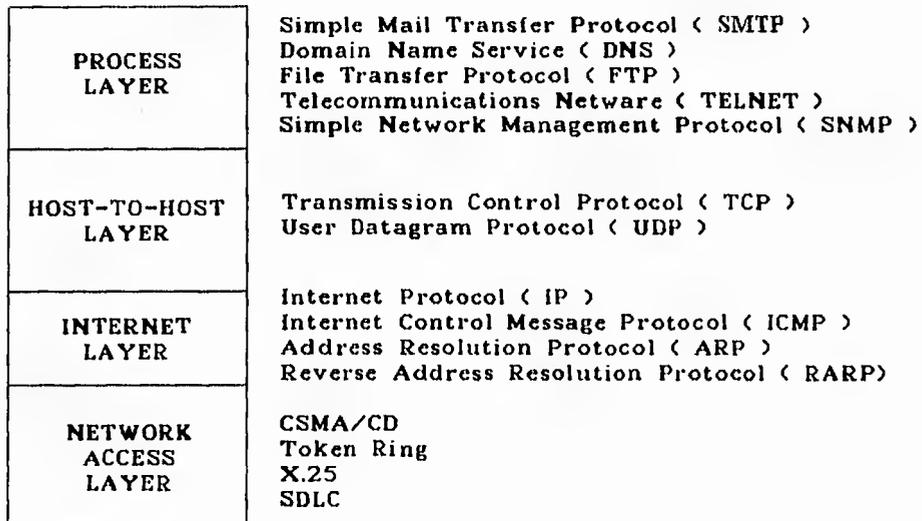


Fig. 4.5: Estructura de TCP/IP

Descripción de protocolos de TCP/IP:

- NETWORK ACCESS LAYER

Gracias a que la recomendación de TCP/IP no define protocolos de capa 1 (física) y 2 (enlace) del modelo OSI, permite que protocolos desarrollados para el control del medio físico y enlace se encarguen de esta tarea, dando como resultado el aumento

de la portabilidad entre diversos tipos de redes y equipos. Algunos de los protocolos que se pueden utilizar son:

- Token Passing
- CSMA/CD
- SDLC
- HDLC
- Frame Relay
- Etc.

- INTERNET LAYER

- IP : *Internet Protocol*

Provee varios servicios de envío de paquetes *end-to-end*. IP se limita a las funciones requeridas para liberación de datagramas a través de la red. Cada datagrama es una unidad independiente. IP no garantiza un servicio confiable, debido a que no se puede saber si un paquete llegó o se perdió en el camino al destino.

En estos paquetes se envía la información de ruta del mismo, por lo cual es considerado como un protocolo ruteable.

- ARP : *Address Resolution Protocol*

Este protocolo fue desarrollado con el fin de resolver el problema de relacionar la dirección lógica que asigna IP con la dirección física de la tarjeta de red (NIC).

- RARP : *Reverse Address Resolution Protocol*

Debido a que muchos sistemas utilizan terminales que no tiene un dispositivo de almacenamiento, no se puede tener en ésta la dirección de red, por lo cual ésta se le asigna desde el servidor de la red, esta posibilidad de asignación de direccionamiento de IP lo realiza el protocolo RARP.

- ICMP : *Internet Control Message Protocol*

Este protocolo se utiliza para el control mensajes y errores, es un complemento de protocolo IP, para avisar de alguna contingencia en el envío de los paquetes, como por ejemplo expiración del tiempo de vida en la red, desconexión del enlace, etc.

- HOST-TO-HOST LAYER

- TCP : *Transmission Control Protocol*

TCP provee diversos servicios a la red, una de las funciones primarias es el mecanismo que permite garantizar que la información sea enviada y recibida exactamente como se quiere, otras funciones son: Multiplexaje de varias sesiones por medio del manejo de puertos, Administración de conexiones, Servicio de transporte de la información. TCP es un protocolo orientado a conexión.

- UDP : *User Datagram Protocol*

Provee la capacidad de acceder puertos sin utilizar el servicio de conexión de TCP. Muchas aplicaciones necesitan del direccionamiento de IP y la capacidad de multiplexaje de TCP pero manejar el control del flujo de datos que tienen estas mismas, tal es el caso de NFS : *Network File System* por lo cual pueden utilizar UDP.

UDP se encuentra al mismo nivel que TCP y puede ser accedido directamente por varias aplicaciones.

- PROCESS LAYER

- SMTP : *Simple Mail Transfer Protocol*

La necesidad del correo electrónico aumenta cada día por lo cual la recomendación de TCP/IP incluye un protocolo para el manejo del mismo en forma sencilla, una característica importante es que no es necesario que la máquina del destinatario se encuentre encendida, gracias a la existencia de servidores de correo electrónico los cuales almacena la información que reciben los destinatarios en buzones.

SMTP utiliza los servicios de TCP 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 que puede existir una gran cantidad de direcciones es difícil el poder almacenar y ubicar muchas direcciones de red, por tal razón se desarrolló un protocolo 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, estos servidores están interconectados en forma jerárquica con el fin de que si no se encuentra ese nombre en ese servidor se pasa al nivel superior, al llegar al nivel más alto sin una respuesta se regresa un mensaje al usuario de que ese nombre no existe.

- FTP : *File Transfer Protocol*

Este protocolo permite a los usuarios transferir archivos entre su equipo y algún otro. Los archivos transferidos son convertidos en un formato estándar para después ser convertidos al formato que fue enviado.

- TELNET : *Telecommunications Network*

Este protocolo permite que un usuario que desee acceder a un *host* lo pueda hacer como una terminal remota de este *host*, la información en este protocolo se envía ya sea carácter por carácter o línea por línea y en cada uno de éstos se adiciona un carácter de inicio y de fin, por lo cual se considera una transmisión asíncrona.

SNMP : *Simple Network Management Protocol*

La necesidad de tener una administración de los dispositivos de las redes llevó a la creación de este protocolo, que permite la administración de los recursos por medio de un sistema de poleo a los mismos. Mediante este protocolo se pregunta si existe algún problema con el equipo, enlace, o sistema al que se le demando información, si es así la estación envía una respuesta. Existe una base de datos que contiene información de errores en la red, posibles causas y soluciones, esta base de datos recibe el nombre de MIB : *Management Information Base*. Es importante destacar que para poder administrar los dispositivos se debe de contar con un agente que generalmente se encuentran en circuitos integrados o *software* para poder ser administrados.

PPP : *Point-to-Point Protocol*

PPP está diseñado para enlaces simples que transportan paquetes entre dos puntos. Estos enlaces proveen una operación *Full-Duplex* simultáneo direccional, y asume que los paquetes se transmiten en orden. PPP provee una solución común para una conexión sencilla en una gran variedad de *Host's*, puentes y ruteadores.

El encapsulamiento de PPP provee de un multiplexaje de diversos protocolos, de capa de red, al mismo tiempo sobre el mismo enlace. Este procedimiento de encapsulamiento de protocolos ha sido diseñado con el fin de tener compatibilidad entre equipos de comunicación.

El PPP provee un método estándar para la transportación de datagramas de múltiples protocolos sobre un enlace punto a punto. PPP comprende tres componentes que son:

- Un método para encapsular datagramas de múltiples protocolos.
- Un protocolo de control de enlace LCP (Link Control Protocol), para el establecimiento, configuración y pruebas del enlace.
- Una familia de protocolos de control de red NCPs (Network Control Protocols) para establecer y configurar diferentes protocolos de la capa de red .

IPX : Internetwork Packet Exchange

Debido al surgimiento de las redes locales se desarrollaron diversos sistemas operativos de red para las mismas. Uno de los más destacados y con más presencia en el mercado mundial de las redes locales es *NetWare* de *Novell*. Este sistema se basa en un sistema de un servidor de archivos y estaciones de trabajos conectadas al mismo. En las capas 1 y 2 del modelo *OSI* puede utilizar cualquier recomendación para LAN, como son *Ethernet*, *Token Ring*, *ArcNet*, etc. Para la capa 3 del modelo *OSI* o de control de inter-red utiliza un protocolo denominado *IPX : Internetwork Packet Exchange* que permite a las estaciones de trabajo conectarse a la red. *IPX* se configura de acuerdo a la tarjeta de red que se tenga y tipo de sistema . *IPX* suministra la conexión a nivel de comunicación entre el sistema que funciona con *DOS* en la estación de trabajo y *NetWare*, esto es que establece la compatibilidad entre estos dos sistemas.

Este protocolo funciona a base de datagramas que se envían en los segmentos de la red, estos datagramas contienen la dirección de red y nodo tanto del origen como del destino de paquetes.

VISA

Es un sistema diseñado especialmente para lectura y autorización de tarjetas de crédito y requieren de un equipamiento especial, este equipo debe de contar con un

lector de cintas magnéticas y debe de tener una interfaz hacia el centro de autorizaciones, estos equipos son conectados a la red VISANET.

Cuando un requerimiento de autorización es transmitido por VISANET, desde una terminal POS, el mensaje que ésta genera debe de contar con ciertas características, protocolos de comunicación, y formatos de mensaje para que éstos sean identificados y procesados correctamente y así mismo reciban una respuesta igual.

Inicialización de terminal. El equipo debe de ser inicializado para levantar la terminal y bajar la línea. Existen unos campos especiales para poder realizar esta operación, éstos son:

- *Terminal Identification Parameter.*- Este identificador está almacenado en la memoria de la terminal, este identificador provee el encabezado para una requerimiento de autorización.
- *Message definition.*- Identificador del tipo de mensaje.
- *Authorization Telephone Numbers.*- Es el número telefónico desde donde se está realizando la operación.
- *Merchant Information.*- Es el identificador del usuario de la tarjeta, que está relacionado con el número de banco al que pertenece dicha tarjeta, además del número asignado al establecimiento y el número de terminal en el establecimiento.
- *Special Data fields.*- Este campo sólo se utiliza en casos especiales.

Data Link Control. Los caracteres de control a nivel de enlace que se utilizan son los utilizados en un protocolo orientado a carácter o *Byte* tales como STX, ETX, EOT, ENQ, ACK, NAK, FS, US.

Timeouts. Para seguridad del sistema se tienen tiempos específicos para la terminación de la sesión, que son:

- Si después de 30 segundos de que la terminal ha llamado al *host*, y la conexión se ha realizado, no ha recibido un carácter ENQ, se terminará la sesión.
- Cuando la terminal ha recibido una confirmación positiva del *host*, y ha enviado un requerimiento de autorización, y el *host* no responde en 45 segundos, la sesión será finalizada.
- La terminación de la sesión se hará en 3 segundos en cualquier otra transacción que no sea alguna de las anteriormente mencionadas.

Como podemos observar la operación de estos protocolos es muy sencilla por lo cual proporciona tiempos de respuesta satisfactorios.

4.5 ARQUITECTURA DE LA RED

La arquitectura de la Red Nacional de Valor Agregado se ha dividido para fines operativos en dos elementos. Estos elementos los hemos definido de la siguiente manera:

- Red Primaria
Formada a su vez por cuatro elementos fundamentales que son : Nodos, Red de Transporte, Multiplexores y Centro de Control y Administración de la Red (CCAR)
- Red Secundaria
Red inalámbrica que consta de tres elementos fundamentales : Estaciones Remotas (ER), Estaciones Host (EH) y Estaciones Base (EB)

Red Primaria

Esta red primaria es el *backbone* principal de la red Nacional de Valor Agregado, ya que comunica a las Estaciones Base (EB) entre sí y a éstas con una o varias computadoras centrales identificadas como Host, ya sea con enlaces directos o mediante Estaciones Host (EH), permitiendo así el tráfico a través de las tres plazas principales a nivel nacional (México, Monterrey, Guadalajara), así como el tráfico local en cada plaza.

Un panorama general de la Red Primaria lo podemos observar en la figura 4.6.

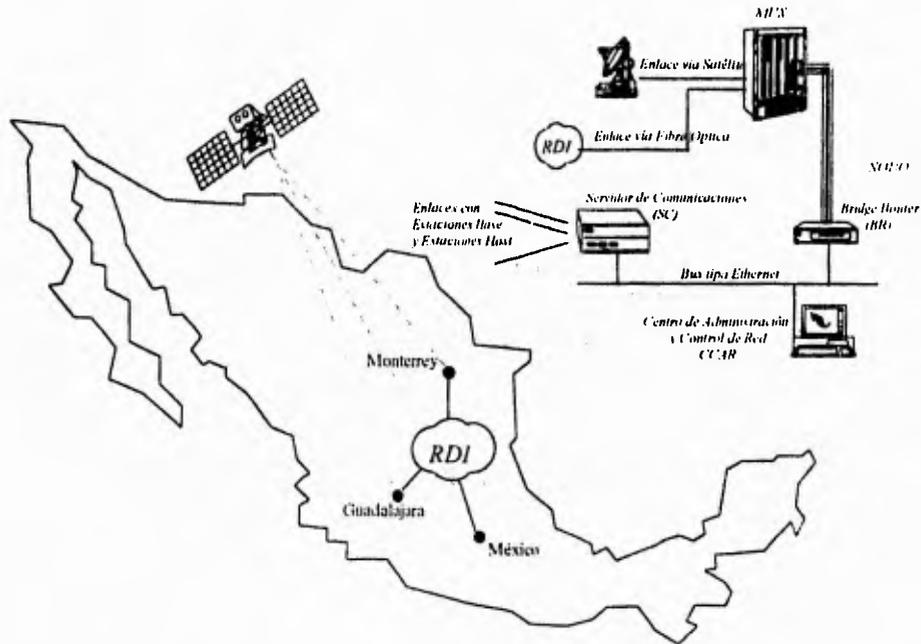


Fig. 4.6: Red Principal

La Red de Transporte es aquella que enlaza a las tres plazas principales y es básicamente una red de tipo WAN. Esta Red de Transporte se basa en portadoras de servicio existentes, es decir, las tres plazas se interconectarán a través de enlaces de fibra óptica RDI como medio principal de transporte y cuenta con un enlace redundante vía satélite, logrando con esto una alta disponibilidad de los servicios a través de las plazas y capacidad para manejar tasas de velocidad desde 64 kbps hasta 2.048 Mbps.

Los Nodos son puntos a los que se conectan una o varias EB o EH. Es un conjunto de dispositivos cuya función es concentrar el tráfico de las EB o de las EH y enrutar la información a su destino final.

Un Nodo está conformado por un Servidor de Comunicaciones (SC) y un *Bridge Router (BR)*. El SC se encarga de manejar la comunicación con las EB's o EH's mediante el protocolo PPP, este enlace puede manejar tasas de hasta 64 Kbps, pudiendo utilizar cualquier medio convencional de comunicación disponible que soporte esta velocidad (línea privada, enlace de radio punto a punto, DS0 digital, etc.), brindando de esta forma ventajas para poder tener enlaces redundantes a conveniencia del cliente. De esta forma, el SC realiza la interconexión entre la Red Primaria y la Red Secundaria.

Ya que la Red está orientada a pequeños comercios, es difícil que cuenten con enlaces de fibra óptica (El punto - multipunto ó DS0), por lo que se propone inicialmente una conexión mediante enlaces de radio punto a punto y con posibilidad de tener redundancia mediante líneas privadas analógicas (LP) o digitales (DS0)

Por otro lado, el BR se encarga de manejar la comunicación con otros nodos a través de la Red de Transporte, realizando funciones de ruteo de la información mediante el algoritmo denominado *Open Shortest Path First (OSPF)*, que consiste básicamente en estar probando mediante poleo los enlaces de fibra óptica y los enlaces satelitales, logrando con esto tener siempre (de forma "automática y transparente" para el usuario) una ruta alternativa en caso de que alguno de los enlaces llegue a fallar, garantizando una alta disponibilidad y un mínimo retardo en la transmisión.

La comunicación entre el SC y el BR es a través de un bus tipo Ethernet y está ejemplificado en la figura 4.7:

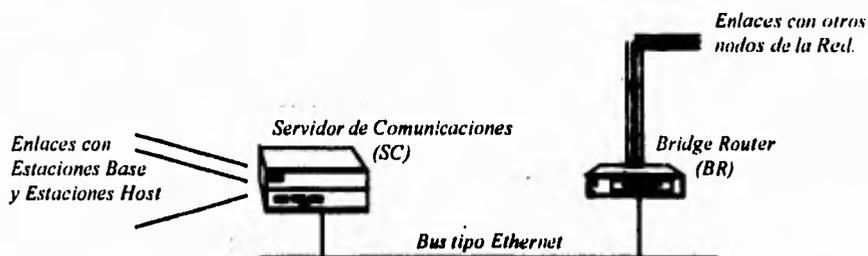


Fig. 4.7: Configuración de un Nodo

El equipo que se encarga de proporcionar los enlaces provenientes de la Red de Transporte al BR es un equipo Multiplexor tipo TDM, este equipo tiene como función principal recibir por parte de la acometida de RDI una interfaz de 2.048 Mbps con señalización G.703 (define una interfaz de reloj centralizado) y formato G.704 (define 32 canales de 64 Kbps) disminuyendo la velocidad y realizando la división correcta de los 32 canales para poder entregar al BR únicamente los canales (mejor conocidos como *time slot*) que están enrutadas a las otras plazas, proporcionando así la velocidad e interfaz correcta al BR. Las interfaces que generalmente ocupa el BR son de tipo V.24 y V.35, con velocidades generalmente de 64 kbps. Además de esto, el Multiplexor puede también administrar el enlace satelital (que ocupa una transmisión TDMA), proporcionando la ranura y velocidad correcta al puerto del BR correspondiente a la asignada por el Satélite.

Los multiplexores en cada nodo forman entre sí una red de Multiplexores, la cual proporciona a nuestra red una gran flexibilidad de crecimiento tanto para usuarios que demandarán un volumen mayor de tráfico de datos, nuevos servicios y aplicaciones además de la posibilidad de escalar a nuevas tecnologías de comunicaciones.

En la figura 4.8 se puede observar la función de los multiplexores, RDI se encarga de enrutar los EO's según nuestros requerimientos. En este ejemplo se proponen 2 EO's hacia cada nodo, logrando así un ancho de banda de 128 Kbps entre nodos.

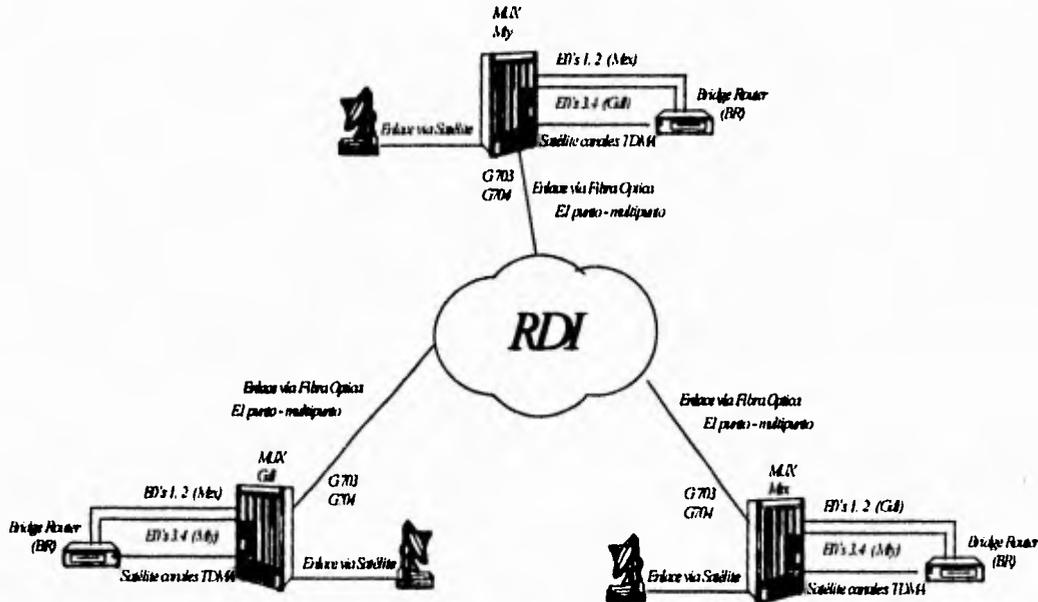


Fig. 4.8: Red de Multiplexores

Debido a la dimensión de la Red, el equipo que la integra y el personal que la utiliza, se puede ocasionar alguna pérdida del control de la misma, por lo que es necesario implementar un sistema de administración de ella, que permita tener información del estado de todos los elementos que la integran.

En resumen, la distribución de los EO's para cada plaza sería la siguiente :

México, D.F. "Time Slot"	Guadalajara "Time Slot"	Monterrey "Time Slot"
1	1	-
2	2	-
3		1
4		2
	3	3
	4	4

Tabla 4.1 Distribución de los EO's en las tres plazas.

La administración de redes se basa en las premisas de la administración en general (planeación, organización, dirección, y control).

Para la administración de redes existen cinco tareas principales, las cuales se han reconocido a nivel mundial, éstas pretenden cubrir dos áreas muy importantes que son la administración de los componentes de la red, que cubre básicamente los sistemas intermedios y los canales o medios de comunicación, y la administración de los sistemas, que se enfoca a los equipos y aplicaciones terminales. Estas tareas son:

- Control de configuraciones
- Monitoreo de rendimiento
- Detección de errores
- Contabilidad de recursos
- Seguridad

Un sistema general de administración se integra de los elementos mostrados en la figura 4.9:

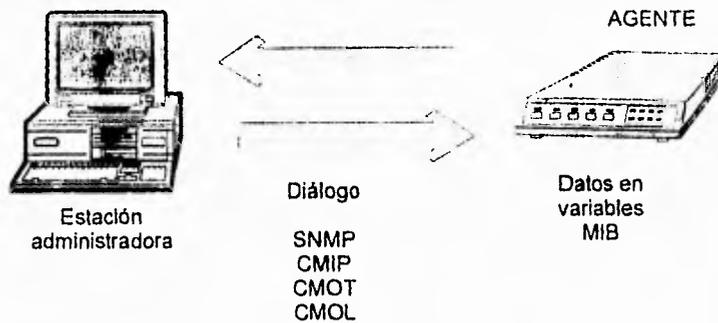


Fig.4.9: Esquema general de administración

- Una estación administradora (NMS : *Network Management System*).
Es usualmente una *Workstation*, la cual reúne y despliega la información de la red, puede controlar algunas de las funciones de los agentes, y permite a los administradores de la red pedir información específica a los agentes en cualquier momento. Normalmente la estación de administración está programada para pedir la información de los agentes periódicamente y a la vez localiza condiciones no válidas. Si se localiza una de estas condiciones, la estación de administración puede tomar cierta acción, como generar una alarma.
- Agente de administración.
El agente reside en cada dispositivo de la red (*Bridge Routers*, Estaciones Remotas, Estaciones Host, Estaciones Base, Multiplexores, Servidores de Comunicación) registrando el comportamiento del dispositivo para posteriormente enviarlo al NMS.
- Diálogo entre la estación administradora y los agentes.
Este diálogo básicamente el protocolo que permite el intercambio de información

Gracias a todos estos elementos se puede garantizar un control de los principales dispositivos que componen la red sobre un mismo ambiente, de una forma práctica y con la confiabilidad necesaria.

A continuación veremos algunos estándares para la administración de redes.

MIB : *Management Information Base*

Es la base de datos donde se almacena la información de los eventos, configuraciones, etc. Define una estructura en forma de árbol, para acomodar todo tipo de objetos o variables que se van a monitorear, cada variable es una hoja de este árbol. Las MIB's se clasifican en cuatro grupos que son:

- MIB I y MIB II que fueron los primeros estándares.
- MIB's de monitoreo remoto, conocidas como RMON.
- MIB's privados, definidos por cada fabricante.
- MIB's experimentales, posteriormente pueden ser estandarizados.

Esta base de datos es utilizada tanto por *SNMP*, *CMIP* y productos que quieran manejar interoperabilidad entre sistemas de administración.

SNMP : *Simple Network Management Protocol*

Este protocolo se enfocó originalmente para ser utilizado en redes que utilizaban *TCP/IP*, por la difusión que tuvo se considera un estándar *de facto*. Es un protocolo de petición y respuesta y los datos que maneja son representados en un árbol de variables ordenados numéricamente (MIB's).

CMIP : *Common Management Information Protocol*

Es la recomendación de administración de redes de la *ISO*, en un principio se pensó que *SNMP* sería una solución temporal e inmediata y que *CMIP* sería la solución definitiva, aunque no ha dado esos resultados, por lo cual se dice que el futuro de *CMIP* es incierto. Existen variantes de *CMIP* que son *CMOT* y *CMOL*, la primera es una adaptación para redes *TCP/IP* y la segunda para la capa de enlace.

Básicamente las diferencias entre *SNMP* y *CMIP* son las mostradas en la tabla 4.2:

SNMP	CMIP
Se basa en peticiones	Se basa en eventos
Fácil de implementar	Difícil de implementar
Poco consumo de memoria	Bastante consumo de memoria
Muy difundido en la actualidad	Poco difundido
Estándar de <i>facto</i>	Estándar de <i>jure</i>

Tabla 4.2: *SNMP vs. CMIP*

Es necesario saber elegir la herramienta adecuada a las necesidades de administración por lo cual se han diseñado criterios de clasificación de productos, algunos de éstos son:

- Conocer si son agentes o administrador
- Si han sido diseñados con un enfoque abierto o propietario
- A que tipo de red se enfoca, una red local, ambientes WAN, etc.
- Tareas que cubre
- Apertura. Esto es que puedan manejar MIB's, interfaces de programación (*API*), etc.
- Soporte de aplicaciones. Nos referimos a que fabricantes de equipo o software tienen aplicaciones para el producto.

- Escalabilidad. En que plataformas corre y si utiliza un manejador de base de datos.
- Soporte. Personal capacitado en el producto, en que otras instituciones se ha implantado.
- Soporte a estándares. Si utiliza *SNMP* ó *CMIP*.
- Integración con otros ambientes. Poder interactuar con otros sistemas operativos o protocolos de comunicación.
- Interfaz. Si maneja mapas, si es amigable, si es rápido, etc.

Debemos de tomar en cuenta que no sólo es importante evaluar los productos para la consola de administración sino también los agentes y las aplicaciones asociadas a estos.

A continuación mencionaremos los productos más genéricos en el mercado para la administración de redes.

- HP Open-View de *Hewlett-Packard*

Este producto ha tomado mucha fuerza comercial a raíz de que parte de su tecnología fue seleccionada por la *OSF/DME - Open Software Foundation/Distribution Management Environment*, esto gracias a que utiliza el protocolo de administración *SNMP* que como se mencionó anteriormente 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. Existen productos para esta plataforma tanto de HP como de otros proveedores.

- SunNet Manager de *Sun-Connect*

Tiene mucho soporte de aplicaciones de terceros, actualmente soporta *OSF/DME - Open Software Foundation/Distribution Management Environment*. tiene un costo relativamente más bajo y buena funcionalidad, en cuestión de administración de grandes redes ha tenido algunos problemas. Este producto corre en estaciones de trabajo de SUN.

- *IBM-Net View/6000*

Este producto se baso en HP Open-View, IBM realizó mejoras y adaptaciones que permiten que opere en equipos IBM-RISC 6000.

Una vez mencionada esta semblanza sobre la administración de redes y los productos que se utilizan para realizar la misma, describiremos los productos de administración que utilizaremos en el diseño de esta red.

En cada uno de los nodos principales se encontrará un Centro de Control y Administración de Red (CCAR), el de la Ciudad de México será el CCAR central, y los otros dos se utilizarán como respaldo y para configurar equipo que se encuentre en Guadalajara y Monterrey. Cada CCAR estará conformado por equipos y productos de administración de redes capaces de manipular, controlar y obtener información local y remota del estado de todos los elementos administrados de la red, información que puede ser utilizada para planear el crecimiento de la red, prevenir problemas o resolver los actuales y efectúa análisis estadísticos de la misma. Como por ejemplo facilitar el control de todas las direcciones IP de la red, configurar cualquier ER, EH y/o EB en todos sus parámetros.

El NMS puede ser una Workstation tipo SunSparc o HP 9000 o bien una IBM RISC 6000, todas trabajando con sistema operativo X-Unix (Solaris, HP UX y AIX respectivamente) y un software cliente por lo general propietario según la plataforma NMS. Otra alternativa (aunque poco recomendada) es la de utilizar una plataforma Intel con procesador 486/DX ó Pentium, ya que los clientes SNMP no están limitados a usuarios de X-Unix. Este NMS es conectado directamente al bus Ethernet del nodo mediante una tarjeta de red tipo Ethernet, como se muestra en la figura 4.10.

En este caso se utilizara una SUN SPARCstation 20 en cada uno de los nodos. Para la consola de administración se eligió HP Open -View gracias a las propiedades de

este producto y a su interoperabilidad. Se comparará uno de los productos para el nodo central y licencias para los nodos secundarios.

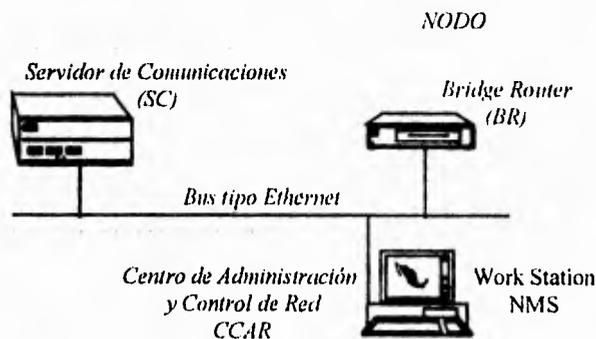


Fig. 4.10: "Network Management System"

Red Secundaria

La Red Secundaria es la que abarca a todos los usuarios finales, permitiéndoles de forma sencilla, flexible e inteligente el acceso a la red principal para realizar de esta forma el intercambio de tráfico transaccional en las tres plazas o localmente. Un panorama general de esta red se puede apreciar en la figura 4.11, donde se observan los tres elementos básicos que conforman esta red, que son : las Estaciones Remotas, Estaciones Host y Estaciones Base.

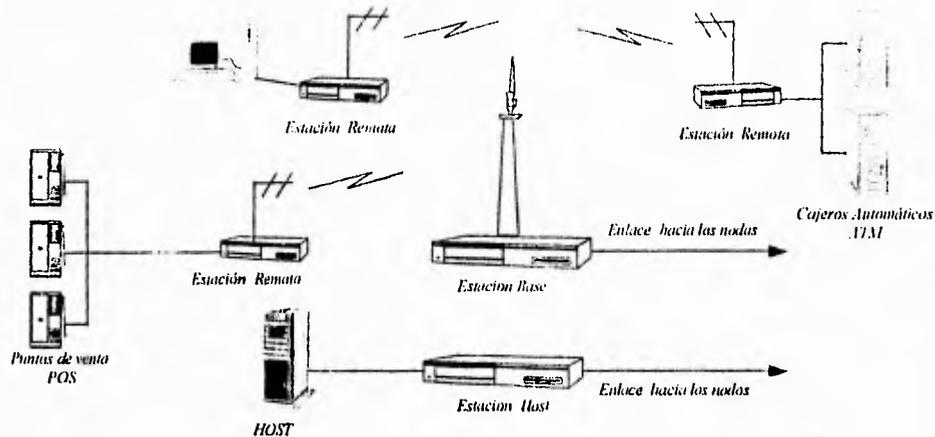


Fig. 4.11: Esquema general de la Red Secundaria

La Estación Remota es punto terminal de la Red, es decir es el punto de servicio a los clientes, ya que es aquí donde se conectarán las terminales de los usuarios, dándoles acceso a la red según las necesidades de los usuarios, pues cada estación tiene la capacidad de manejar el protocolo estándar de los equipos terminales (cajeros automáticos ATM, terminales POS, computadoras, terminales síncronas, asíncronas, etc.), ya que puede soportar los protocolos más comunes, tanto síncronos como asíncronos. Las ER se comunican con una EB por medio de un canal compartido de radio *Half Duplex* en la banda UHF de 12.5 kHz de ancho de banda, a una velocidad de 9600 bps. El canal es compartido en el tiempo por todas las ERs asignadas a una EB, mediante un protocolo de poleo y acceso múltiple.

La configuración de una ER se muestra en la figura 4.12 y consiste de los siguientes elementos:

- Antena direccional
- Radio modem *Half Duplex* sobre un canal de radio a una velocidad de 9.6 Kbps
- Procesador tipo 386 SX a 40 MHz

- 2 puertos serie con protocolo programable independiente en cada puerto.
- Memoria tipo *flash* no volátil

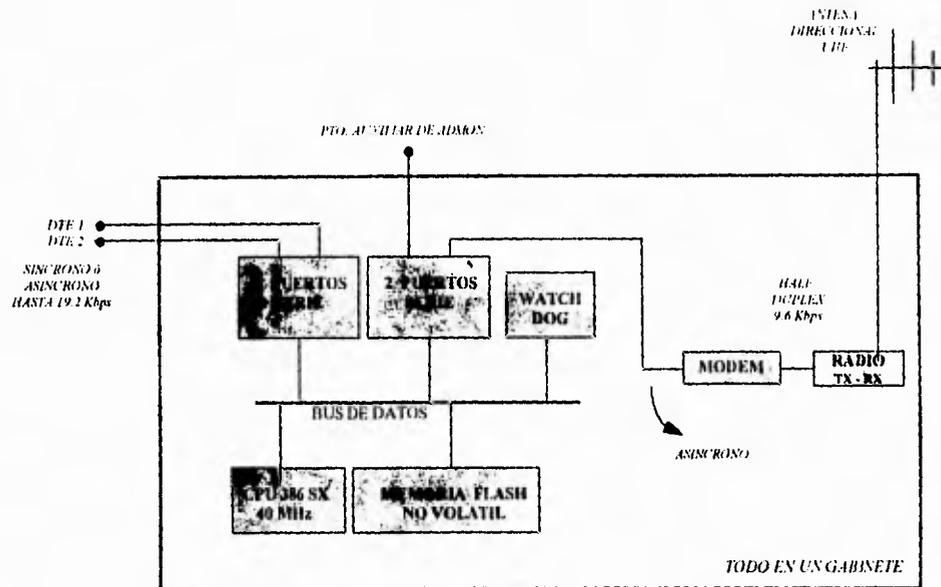


Fig. 4.12: Configuración de la Estación Remota

Como se puede observar, la ER consta en total de 4 puertos serie, dos de ellos son ocupados por el sistema, uno como puerto auxiliar de administración y el otro es utilizado por el radio modem. En los otros dos puertos se conectan las terminales del usuario y cada puerto puede ser programado con uno de los siguientes protocolos: SDLC, X.25 (SVCs & PVCs), HDLC, Asíncrono, Síncrono, Poll/Select, Visa I y II, IBM *Finance Loop*, PPP/IP, ALC (*Airline Link Control*) y otros bajo demanda del cliente.

La Estación Base como se mencionó anteriormente puede manejar determinado número de ER, dependiendo de las condiciones de tráfico y el número de canales de radio utilizados. Típicamente para una Célula el número de ERs varía entre 50 y 100 para aplicaciones tipo ATM (cajeros Automáticos con baja demanda de tráfico) y entre

200 y 300 para aplicaciones tipo POS (Puntos de Venta, los cuales demandan tráfico constantemente). El protocolo de radio que se usa para comunicarse con las ERs está basado en una combinación de esquemas de poleo individual y multiacceso. Ya sea desde el CCAR o del puerto local de administración se puede configurar la frecuencia de poleo a las condiciones de tráfico y en cada respuesta de poleo se manejan algunas ranuras para acceso de cualquier estación.

La EB puede también ser configurada para poder estar conectada a un equipo **HOST**, localizado en la misma ubicación de la EB, esto se logra gracias a un puerto dedicado a esta función, o bien mediante la tarjeta de red tipo Ethernet , convirtiéndose así en una Estación Host. La configuración de la EB se muestra en la figura 4.13 y consta de:

- Antena omnidireccional
- Radiomodem Half Duplex sobre un canal de radio a 9.6 kbps
- Procesador 486 DX a 40 MHz
- Unidad de disco duro
- Tarjeta de Red Ethernet
- Memoria tipo *flash* no volátil
- 4 o 6 puertos serie.

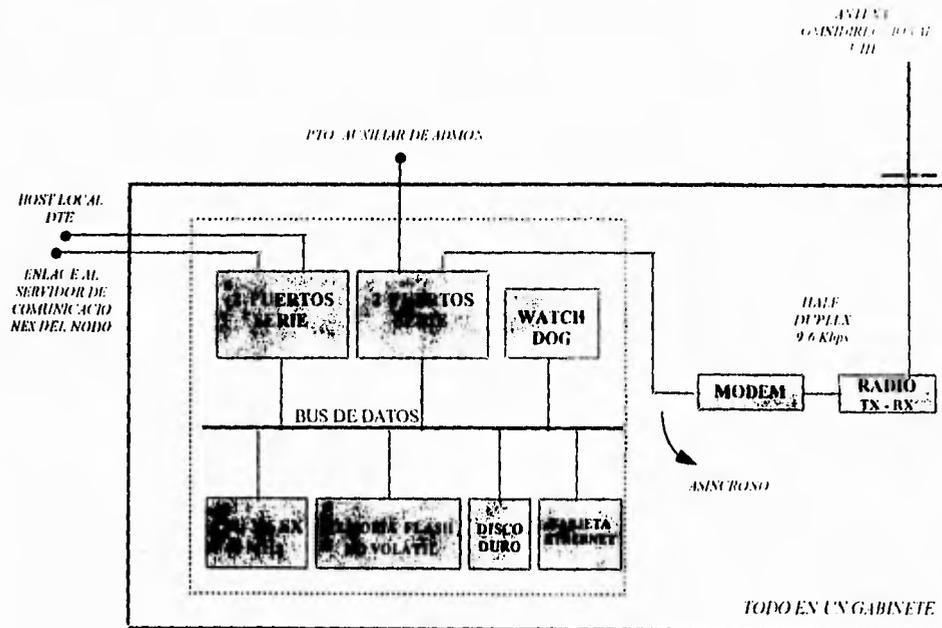


Fig. 4.13: Configuración de la Estación Base

Cada EB se enlaza a un Nodo de la Red Primaria mediante el protocolo PPP, de modo que la EB encapsula la información de las ER en paquetes IP para su transporte a través de la red. Este enlace puede manejar tasas de hasta 64 kbps, pudiendo utilizar cualquier medio convencional de comunicación disponible que soporte esta velocidad (línea privada, enlace de radio punto a punto, DS0 digital, etc.). En caso de que la ubicación de la EB sea la misma ubicación que el Nodo, la EB puede conectarse directamente mediante su puerto Ethernet al bus Ethernet existente entre el BR y el SC del nodo, mediante el protocolo TCP/IP, manteniendo así el encapsulamiento de información en paquetes IP. El protocolo PPP fue elegido porque pertenece a la familia de protocolos TCP/IP y permite tener enlaces confiables sobre los medios antes mencionados; sin embargo, como se verá más adelante, las estaciones base podrán comunicarse directamente a una Red X.25 o bien a alguna otra red TCP/IP.

Al área que conforma la interconexión de una EB y sus ERs asignadas y enlazadas se le llama Célula, la cuál llega a tener una cobertura de hasta 40 km., dependiendo de las condiciones del terreno. Mediante la ubicación adecuada de células se pueden definir áreas de cobertura total para una localidad o región. Puede haber varias células sobrepuestas compartiendo el mismo sitio de la EB, cada una con un canal de radio de diferente frecuencia.

Una Estación Host tiene la misma configuración que una EB, con la excepción de que la EH no tiene radiomodem y antena por lo mismo no maneja el protocolo de acceso múltiple. La EH se comunica con los servidores *Host* a través de los puertos serie, el enlace con los nodos lo realiza de igual forma que una EB, ya sea por el puerto asíncrono o bien por la tarjeta Ethernet. La configuración de una EH se puede observar en la figura 4.14 y consta de:

- Procesador 486 DX a 40 MHz
- Unidad de disco duro
- Tarjeta de Red Ethernet
- Memoria tipo *flash* no volátil
- 4 o 6 puertos serie.

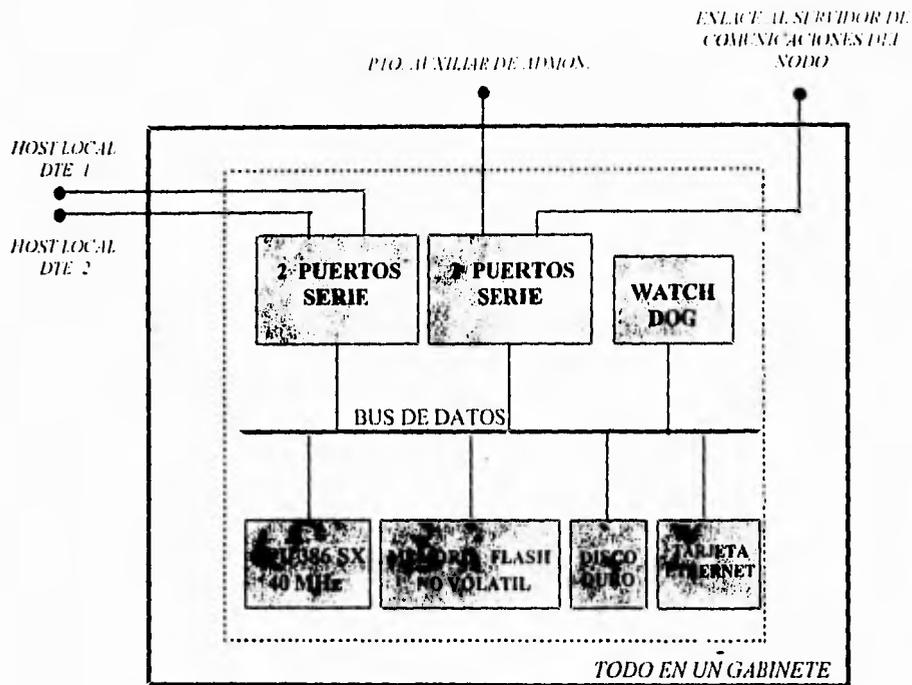


Fig. 4.14: Configuración de una Estación Host

La integración de todos los elementos de la Red Primaria y la Red Secundaria dan como resultado una arquitectura de red cuya estructura es bastante flexible, capaz de adecuarse a las necesidades requeridas por los usuarios.

4.6 ESPECIFICACIONES DE EQUIPOS

Para la implementación de nuestra red es necesario conocer las características de los equipos que se van a instalar. Para este efecto hemos investigado las especificaciones

de diversos equipos que cumplen con los requerimientos del proyecto y sobre los cuales haremos posteriormente una selección para obtener el óptimo desempeño de la red. A continuación se describen los equipos:

Puente enrutador *ASCOM TIMEPLEX*

Este equipo es capaz de interconectar redes LAN (*Local Area Network* o Redes de Area Local) *Ethernet* y/o *Token Ring* o Redes WAN (*Wide Area Network* o Redes de Area Amplia) en forma remota mediante circuitos seriales punto a punto. Es un enrutador multiprotocolo (*FDDI, Ethernet, Token Ring, X.25, Frame Relay*) con capa MAC (*Media Access Control* o Control de Acceso de Medios) y soporta conexiones E-1 / T-1 (2.048 Mbps). Cualquier protocolo puede "puentearse" transparentemente.

Pueden ser adaptados al puente enrutador diferentes módulos de interfaz como son los siguientes:

- FDDI monomodo o multimodo (un puerto por módulo).
- IEEE 802.3/*Ethernet* (dos o cuatro puertos por módulo).
- IEEE 802.5/*Token Ring* (uno o dos puertos por módulo). Soporta cable UTP RJ-45.
- Módulos de Red de Area Amplia: RS-232/V.28, RS-422/449, V.35 (dos o cuatro puertos); G.703 (uno o dos puertos).

Se pueden combinar hasta tres módulos en un solo puente enrutador.

El sistema puede enrutar los protocolos siguientes: EGP (*Exterior Gateway Protocol* o Protocolo de Salida Exterior), OSPF (*Open Shortest Path First* o Primera Trayectoria mas Corta Abierta), RIP (*Routing Information Protocol* o Protocolo de Información de Ruteo) para IP, IPX y XNS (*Xerox Network System* o Sistema de Redes Xerox).

Enrutador de Acceso *ASCOM TIMEPLEX*

Este equipo es multiprotocolo y con capa MAC. Soporta interfaces LAN *Ethernet* y *Token Ring* y una gran variedad de interfaces WAN como ISDN (*Integrated Services Digital Network* o Red Digital de Servicios Integrados), X.25, *Frame Relay* y PPP (*Point to Point Protocol* o Protocolo Punto a Punto) a velocidades hasta los 2.048 Mbps. Cualquier protocolo puede "puentearse" transparentemente.

Pueden añadirse hasta dos de los siguientes módulos de interfaz al equipo:

- Módulo 10 base-T (12 puertos por módulo).
- IEEE 802.3/*Ethernet* (uno o dos puertos por módulo).
- IEEE 802.5/*Token Ring* (un puerto por módulo).
- WAN: RS-422/449/V.11 (dos puertos por módulo).
- WAN: V.35 (dos puertos por módulo).
- WAN: V.28 (dos puertos por módulo).

También cuenta con una interfase serial capaz de soportar conexiones sincronicas V.28/RS-232 con velocidades hasta de 128 Kbps.

Enrutador 4000 de *CISCO*

Este equipo cuenta con un puerto *Ethernet*, un puerto *Token Ring* y dos puertos seriales, que permiten obtener las siguientes configuraciones:

- Dos puertos seriales con un puerto *Ethernet* o un puerto *Token Ring*.
- Dos puertos seriales con dos puertos *Ethernet* o dos puertos *Token Ring*.
- Dos puertos seriales con un puerto *Ethernet* y un puerto *Token Ring*.
- Cuatro puertos seriales con un puerto *Ethernet* o un puerto *Token Ring* para manejo de

redes SDLC SNA (*Slow Data Link Connection System Network Administration* o Sistema de

Administración de Red mediante protocolo de Enlace de conexión de Datos de bajo rango).

El desempeño del sistema de agregado es aproximadamente de 14000 paquetes *Ethernet* por segundo. El módulo *Token Ring* tiene una sola interfase configurable por *software* a 4 ó 16 Mbps. El módulo *Ethernet* tiene una sola interfase configurable por *software* para cableado AUI ó 10 base-T. El módulo serial tiene dos interfaces que manejan transmisión de datos hasta 4 Mbps.

Los métodos de encapsulamiento trabajan mediante protocolos HDLC (*High Data Link Connection* o Enlace de conexión de Datos de alto rango), FST/IP (*Fast Sequenced Transport* o Transporte de Secuencia Rápida) y TCP/IP.

Sistema *LINK/2+ ASCOM TIMEPLEX*

Este sistema ofrece una integración total en la transmisión de voz, datos e imágenes que soporta enlaces E-1/T-1 o completos o fraccionados. Presenta varios módulos o tarjetas electrónicas con características diferentes dependiendo de los requerimientos del sistema de conectividad. Estos son:

- ILQ (*Integrated Trunk Module* o Módulo de Troncal Integrada). Integra facilidades de red pública y privada en una sola interfase. Soporta hasta 31 DS0 Multiplexados en TDM. Las interfaces que maneja son: CCITT G.703, RS-422/CCITT V.11 (X.21) Compatible con G.704, G.732, G.736. La velocidad de los *Bundles* o paquetes de DS0's va desde 56 Kbps hasta 1.984 Mbps.
- ILC (*Interlink Control* o Control de Interconexión). Controla las comunicaciones distribuidas entre los equipos que conforman el sistema *LINK/2+* a velocidades de 4.8 Kbps hasta 2.048 Mbps. Las interfaces que maneja son: RS-422/CCITT V.11 (X.21), V.35.
- LFM (*Link Framing Modules* o Módulos de Trama de Enlace). Proporciona las facilidades necesarias para proveer de bundles o paquetes de fracciones E-1/T-1 de $n \times$

64 Kbps o $n \times 56$ Kbps. Maneja las mismas interfaces que el módulo ILQ. Velocidades de enlace de 1.544 Mbps a 2.048 Mbps.

- SCP (*Subrate Channel Processor* o Procesador de Canales Fraccionados). Este módulo puede multiplexar hasta 5 canales fraccionados (2.4, 4.8 y 9.6 Kbps) en un solo canal DS0 lógico de 64 Kbps. Realiza la función de multiplexor de datos fraccionados.

- CSP (*Channelized Services Processor* o Procesador de Servicios Canalizados). Maneja *Bundles* o paquetes de 1 a 12, 24 y 30 DS0's dentro de un E-1/T-1. Cuenta con las mismas interfaces que un módulo ILQ así como las mismas velocidades.

- BPM (*Bypass Module* o Módulo de Interconexión). Provee la interconexión controlada de los módulos digitalmente por *software*.

A su vez cuenta con otros módulos o tarjetas necesarias para el control de los relojes para enlaces síncronos, asíncronos o isócronos.

Dentro de la familia LINK/2+ se encuentran tres tipos de multiplexores:

- LINK/2+ que soporta hasta 2000 nodos. Diseñado para redes muy grandes con altos requerimientos de tráfico.

- mini LINK/2+ que acepta hasta 7 T-1 o 5 E-1. Diseñado para redes no tan extensas pero de gran importancia.

- micro LINK/2+ que soporta 4 T-1 o 4 E-1. Para redes pequeñas.

Servicio de Administración de Red Centralizado *ASCOM TIMEPLEX*

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

- Coordinación de la Red. Esto se refiere al equipo de gente especializada para dar soporte técnico en las operaciones y mantenimiento de la red.
- Crecimiento de la Red (planes futuros). 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.
- Generación de Reportes sobre la Red. Provee de reportes periódicos para revisión de la red.

Este CCAR ofrece los siguientes servicios:

- Monitoreo de la red de 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.

La herramienta más poderosa que presenta CCAR es el *ComWatch* que es un servicio capaz de monitorear las condiciones de la red por medio de parámetros preestablecidos. Revisa continuamente las actividades de conexión y presenta alarmas cuando los equipos se encuentran fuera de rango en el aspecto de señalización, alimentación, etc. Dichas alarmas son inmediatamente presentadas en el CCAR.

Por otra parte es posible aislar fallas por medio de un puerto destinado a supervisión de la red.

Al adquirir un CCAR como éste se dan servicios de asesoría sobre el sistema óptimo que debe instalarse para los requerimientos de la red.

La plataforma de *hardware* donde se monta el CCAR tiene las siguientes características:

- El sistema que se utiliza es un *TIME/VIEW 2000 de ASCOM TIMEPLEX*. Tiene gran flexibilidad en cuanto a la distribución de las estaciones de trabajo, un manejo automático definido por el usuario sobre los eventos que acontezcan al sistema mediante archivos de comando poderosos. Monitoreo y diagnóstico centralizados de alarmas en la red; control y partición lógica de redes grandes y pequeñas; características de seguridad como derechos de acceso al control; y gran capacidad de conectividad con *routers*, servidores, multiplexores, conmutadores de paquetes, etc.

- Plataforma:

* Sistema operativo del sistema: 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 Interfase de Sistemas de Computadora Pequeña). Cartucho de cinta de 0.25 pulgadas con 150 Mbytes de capacidad para respaldo. *CD ROM* de 5.25 pulgadas con 644 Mbytes.

* Soporte de entrada/salida: Tarjeta de comunicaciones con 8 puertos asincronos con interfase 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.

Se encuentran disponibles monitores de 15, 17 o 20 pulgadas con una resolución de 1152 x 900 pixeles.

Administrador de Red *SUN*

Este CCAR es una propuesta de un distribuidor llamado Alternativas en Computación S.A. de C.V. y 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:

- SPARC Classic Modelo 4/15 DC-32-P44-05.
- Procesador Micro SPARC con 26.4 SPECint92, 21.0 SPECfp92, 59.1 Mips, 4.6 Mflops.
- 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.

A continuación presentamos las características de la Estación Remota, Estación Base, Estación *Host* y Nodo.

Estación Remota *Kb/NET Remoto*

- Antena direccional.
- Radiomodem operando Half Duplex sobre una canal de radio a una velocidad de 9.6 Kbps.
- Procesador 486 DX a 40 MHz.
- Memoria Flash no volátil.
- *Watch Dog*.
- 4 puertos o canales serie.
- Firmware propietario o residente.

De los 4 puertos de cada Estación Remota, dos se ocupan para manejar terminales de usuario con protocolos independientemente configurables y los otros dos se ocupan para un puerto auxiliar de administración local y para la conexión con el modem de comunicación.

Los protocolos que la Estación Remota maneja son los siguientes:

- SDLC
- X.25
- HDLC
- Asíncrono (Async)
- Bisíncrono (Bisync)
- Poll/Select
- Visa I y II
- IBM Finance Loop
- PPP/IP
- ALC (Airline Link Control)
- Otros bajo demanda del cliente

Estación Base *Kb/NET Base*

- Antena omnidireccional.
- Radiomodem operando Half Duplex sobre un canal de radio a una velocidad de 9.6 Kbps.
- Procesador 486 DX a 40 MHz.
- Unidad de Disco Duro.
- Tarjeta de Red Ethernet.
- Memoria Flash no volátil.
- *Watch Dog*.
- 4 o 6 puertos o canales serie.
- Firmware para el manejo de protocolo de poleo y acceso múltiple, diagnóstico, etc.

El protocolo que maneja es propietario.

Los paquetes de información que la Estación Base recibe de las Estaciones Remotas se encapsulan en IP para su transporte a través de la red.

Dentro de las especificaciones de este equipo se encuentran las siguientes gráficas (figuras 4.15, 4.16 y 4.17) que proveen la información necesaria para calcular el tiempo de retraso que se presenta en la respuesta a transacciones. Cada gráfica nos indica el tiempo de retraso por transacción dependiendo del número de terminales que se utilizarán por estación base, siendo que la longitud promedio del mensaje de terminal a host es de 50 bytes y la longitud promedio del mensaje de host a terminal es de 128 bytes.

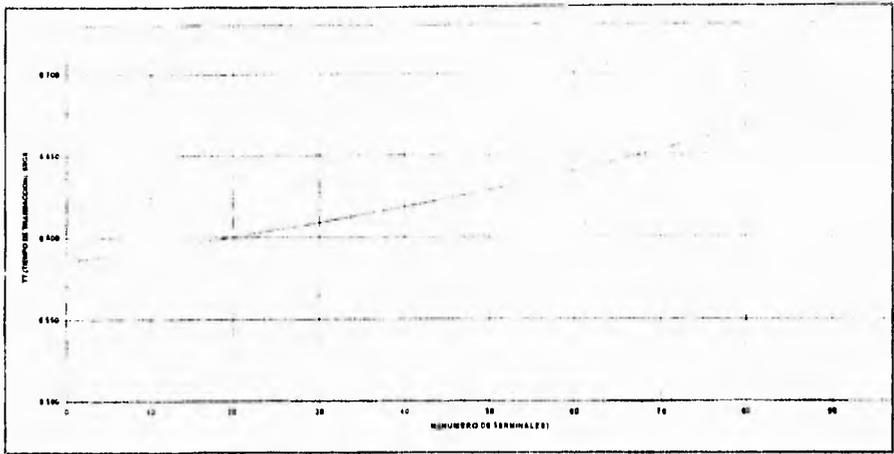


Fig. 4.15: Retraso para un uso de 2 transacciones por minuto.

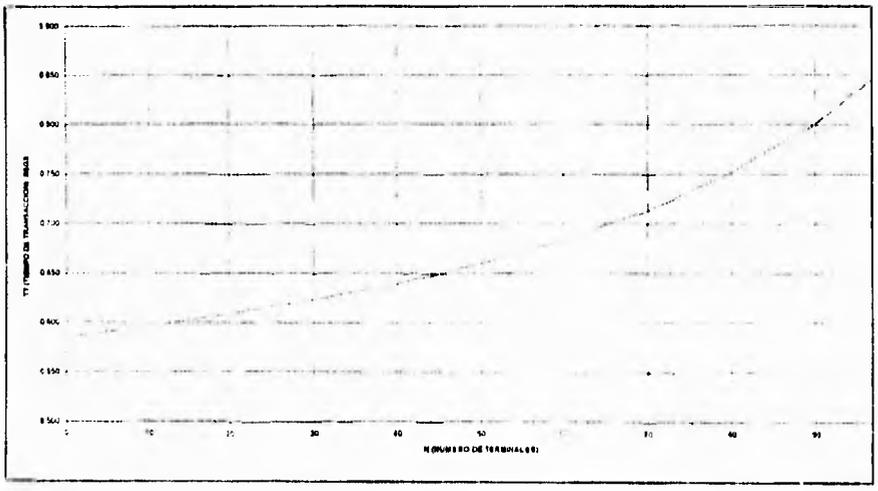


Fig. 4.16: Retraso para un uso de 3 transacciones por minuto.

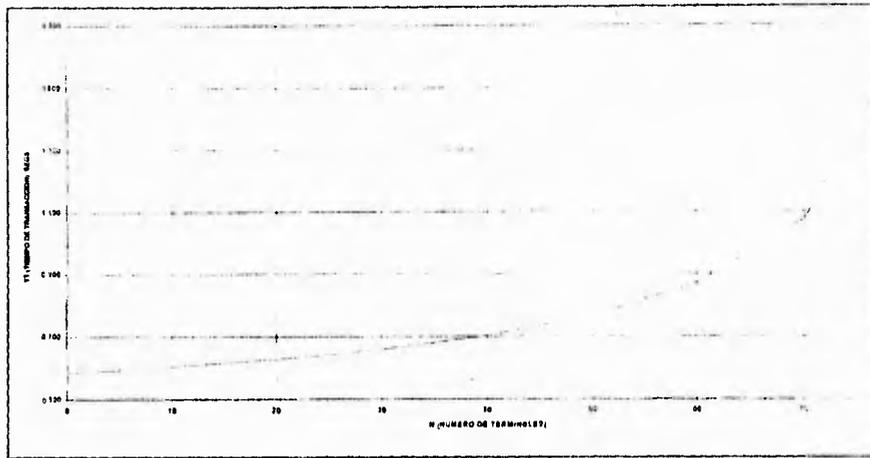


Fig. 4.17: Retraso para un uso de 5 transacciones por minuto.

La comunicación entre la Estación Base y el Nodo de la red se hace usando el protocolo PPP y se pueden manejar velocidades hasta de 64 kbps en este enlace.

Estación Host Kb/NET Host

La configuración de una Estación Host es la misma que la de una Estación Base, con la única diferencia de que la Estación Host no tiene ni radiomodem ni antena y se comunica con el (los) *Host(s)* directamente, a través de el (los) puerto (s) serial (es). No maneja protocolo de acceso múltiple, sólo el necesario para la radiocomunicación entre las Estaciones Base y las Estaciones Remotas.

Nodo

La configuración básica de un nodo consta de dos partes: un Servidor de Comunicaciones que maneja las comunicaciones con las Estaciones Base usando el protocolo PPP, y un puente enrutador que se encarga de manejar la comunicación con otros Nodos a través de la Red de Transporte, y de realizar todas las funciones de enrutamiento de la información.

La comunicación entre el Servidor de Comunicaciones y el puente enrutador es a través de una Red Ethernet.

Los enlaces entre Nodos constituyen la Red de Transporte de la Red Primaria. Estos pueden realizarse usando cualquier medio de comunicación digital convencional disponible (Red Digital Integrada, Satélite, Microondas, etc.), con capacidades de hasta 2.048 Mbps. El algoritmo de enrutamiento de información es OSPF.

En algunos casos, cuando se tienen Nodos con bajo tráfico, su configuración se puede simplificar a solo el Servidor de Comunicaciones, sin puente enrutador.

Servidor de Comunicaciones de *CISCO*

Los servidores de comunicaciones de Cisco pueden dividirse en cuatro partes:

- Terminal
- Enrutador
- Traductor de Protocolos
- Servidor de Telecomunicaciones

Podemos hacer arreglos con estas cuatro funciones de tal manera que podemos utilizar sólo la o las partes que necesitemos. En nuestro caso utilizaremos el Traductor de Protocolos y el Servidor de Comunicaciones.

Traductor de Protocolos

El Traductor de Protocolos es un *software* que permite al servidor de comunicaciones expandir el rango de comunicaciones dentro de una red traduciendo protocolos entre TELNET, LAT, RLogin, X.25, y protocolos Tn3270. Con la traducción de protocolos es posible comunicar equipos que utilizan diferentes protocolos entre sí y conectarlos en una misma red de comunicaciones.

Servidor de Telecomunicaciones

El servidor de Telecomunicaciones es de Cisco y permite la comunicación de terminales que se encuentren alejadas o terminales que no están fijas, como es el caso de algún radio que se encuentre en un vehículo o un teléfono celular. Esta comunicación con otras estaciones remotas u oficinas centrales es en forma asíncrona. Por medio de SLIP, CSLIP o PPP, un usuario desde una PC puede correr aplicaciones de TCP/IP como son TELNET, SMTP (*simple mail transfer protocol* ó protocolo de transferencia de correo simple) y FTE (*file transfer protocol* ó protocolo de transferencia de archivo) sobre líneas seriales. El usuario logra una conectividad con la misma funcionalidad que la de una PC conectada localmente a una red.

Cisco ofrece dos modelos en servidores de comunicaciones: ASM-CS y 500-CS. Cada uno soporta diferente número de interfaces asíncronas (también llamadas líneas o puertos).

En cuanto a lo que se refiere a las especificaciones técnicas de los equipos de comunicaciones que se utilizarán, a nivel de *hardware* en las estaciones base y remota, se tiene lo siguiente:

Radiomodem

- Frecuencia de operación de 390-512 MHz dividida en 8 bandas.
- Frecuencia sintetizada programable en pasos de 6.25 kHz.
- Potencia de salida ajustable de 1 a 5 Watts.
- Estabilidad de frecuencia: 1.5 PPM
- Ancho de banda utilizado: 12.5 kHz.
- Modulación FSK.
- Tasa de transmisión de hasta 9600 bps.
- Tiempo de respuesta del transmisor menor a 1 mseg.
- Sensibilidad de -108 dBm a 9600 bps para una tasa de error de 1×10^{-6} .
- Retraso entre RTS y CTS menor a 10 mseg.

Controlador Estación Remota

- Procesador Intel 386 SX a 40 MHz.
- 512 kB. de memoria *FLASH*.
- 2 puertos seriales síncronos o asíncronos (configurables) para manejo de equipo terminal con tasas de hasta 19200 bps.
- 1 puerto serial asíncrono para diagnóstico y configuración local.
- 1 puerto serial a 9600 bps para manejo del *radiomodem*.

Controlador Estación Base

- Procesador Intel 486 DX a 40 MHz.
- 512 kB de memoria *FLASH*.
- 1 puerto serial asíncrono para diagnóstico y configuración local.
- Para la EH: 2 puertos seriales síncronos o asíncronos (configurables) para manejo de interfase a Host con tasas de hasta 19200 bps.
- Para la EB: 1 puerto serial asíncrono o síncrono para comunicación con un Nodo de la Red usando protocolo PPP.

- 1 puerto serial a 9600 bps para manejo del *radiomodem*.

4.7 COSTOS DE INSTALACION Y RENTABILIDAD

Introducción

Una vez definido el diseño del proyecto se procede a hacer un modelo económico del mismo. Este debe hacerse tan minuciosamente como sea posible, ya que mientras más detalle y cuidado se ponga en su realización, mejor será su aproximación a la realidad.

Primeramente es necesario hacer un estudio de mercado para pronosticar los alcances del proyecto, y posteriormente una cotización que contemple al mismo y se extrapole en toda su duración, ésta debe tomar en cuenta tanto su costo inicial como renta y gastos de manutención. Terminado lo anterior se establecen las tarifas que se deberán cobrar y se estima su rentabilidad y productividad como negocio.

Mercado

Se realizó un estudio de mercado potencial para estimar los alcances del proyecto y determinar así las dimensiones del mismo. Por tratarse de una red de tráfico transaccional dividimos el mercado, según su número de terminales ya sean POS ó ATM, en 4 niveles:

1. **Centros Comerciales Grandes.** En este nivel se engloban aquellos centros comerciales que en total en su interior poseen mas de 50 terminales.
2. **Centros Comerciales Medianos.** Este nivel abarca los comercios que tienen operando entre 15 y 50 terminales.

3. **Gasolineras.** Aquí nos referimos a los comercios pequeños que tienen pocas terminales (3 en promedio) pero que su frecuencia de venta es alta. Sin embargo se denomina "gasolineras" ya que éstas en si representan un mercado al que hay que tratar específicamente, debido a que existen diferentes categorías de gasolineras

4. **Franquicias.** En este nivel se incluyen los comercios de "comida rápida" ó *fast-food*, como son McDonalds, Arby's, etc.; las Micro-sucursales bancarias, concepto que empieza a cobrar importancia a nivel nacional; y en general cualquier comercio con menos de 15 terminales. Encontramos que estos comercios igualmente tienen en promedio 3 terminales, sin embargo la penetración de mercado esperada es diferente al caso anterior.

A continuación se muestra una tabla en la que se puede apreciar el resultado de el estudio de mercado:

Tipo de Comercio	Total de Comercios	Porcentaje de penetración esperado	Terminales/ Comercio	E.Remotas/ Comercio
1	15	20 %	50	2
2	100	40 %	15	1
3	500	10 %	3	1
4	100	50 %	3	1

Tabla 4.3: Mercado

De las especificaciones de Estación Base y Estación Remota mencionadas en el subtema 4.6 y a partir de las gráficas de "retraso vs. terminales por base" determinamos las siguientes condiciones:

Transacciones / min. / Terminal	Terminales / Estación Base
3	90

Tabla 4.4: Parámetros de Equipo para Diseño de la Red

Con todo lo anterior se obtiene que para el D. F. se piensan atender un total de 1050 terminales, lo cual implica que se deben instalar 12 Estaciones Base.

En cuanto al número de Estaciones Remotas no se puede hacer una simple división, ya que el mercado que se piensa atender no lo permite. Así para el caso de los centros comerciales, aunque se pretende atender sólo un porcentaje de los comercios que lo componen, se deben instalar Estaciones Remotas en todos ellos. En el caso de las Gasolineras y las Franquicias sólo se deben instalar Estaciones Remotas en las que se piensan atender. Por todo lo anterior se obtiene que para el D. F. se deben instalar un total de 230 Estaciones Remotas.

Para Monterrey y Guadalajara las proporciones y consideraciones de mercado son muy similares en cuanto a concentración poblacional, poder adquisitivo y sobre todo desarrollo comercial, sólo que en menor escala. De proyectos similares de telecomunicaciones hemos obtenido que Guadalajara se puede considerar como un 35 % de los valores obtenidos para el D. F. y Monterrey un 30 %, es decir 81 y 69 Estaciones Remotas respectivamente.

De esta forma, una vez obtenidos los parámetros anteriores, se puede realizar la cotización del proyecto.

Inversión y Gastos de realización

Con el fin de tener distintas opciones de inversión realizamos 3 versiones de cotización. La diferencia entre ellas no afecta la arquitectura de la red, ya que sólo se trata de cambios en el medio de comunicación entre el Nodo Principal y las Estaciones

Base, sin embargo pretende brindar alternativas para inversión y renta del proyecto. Estas son:

1. **Radio Digital UHF.** En esta opción la inversión inicial es más fuerte, ya que es necesario comprar el equipo, pero en cambio la renta es muy pequeña, debido a que sólo se debe pagar por el uso de las frecuencias asignadas.
2. **DSO TELMEX.** Para este caso se debe efectuar un pago inicial menor al costo de los Radios Digitales; sin embargo, la renta que hay que pagar por los enlaces es más elevada que la que hay que pagar por la utilización de frecuencias. Además es necesario tomar en cuenta que la confiabilidad de este tipo de enlaces es muy baja, y un ejemplo vivo es que todos los bancos que tienen recursos poseen su red propia para evitarse problemas de los ya conocidos, como que sufran "caída del sistema" con demasiada frecuencia.
3. **IUSANET.** Para utilizar este servicio se debe seguir un procedimiento parecido al de telefonía celular. Es necesario pagar una activación que representa un gasto un tanto menor al costo del Radio Digital, pero se debe pagar una renta más elevada incluso que para un DSO de TELMEX. La ventaja que se puede tener es la confiabilidad y calidad del servicio.

A continuación se presentan las cotizaciones correspondientes a cada una de las tres opciones mencionadas:

Ciudad	Concepto	Cantidad	Costo unitario (USD)	Renta mensual (USD)	Total USD (5 años)
D.F.					
	Estación Base	12	5,500	-	66,000
	Estación Remota	230	2,500	-	575,000
	Estación Host	2	5,500	-	11,000
	Servidor de Comunicaciones 16 ptos.	1	6,900	-	6,900
	Radio UHF	12	7,100	25	103,200
	DS0 Local	0	272	217	-
	IusaNet 64 kbps	0	3,000	378	-
	Multiplexor	1	3,060	-	3,060
	Puente Enrutador	1	5,000	-	5,000
	Estación de Trabajo	1	18,200	-	18,200
	Programas de Control y Administración	1	149,480	-	149,480
	RDI México-Monterrey	1	15,370	10,685	656,470
	Satelitron 2 Mbps	1	17,500	4,450	284,500
	Adecuación del Lugar y Otros	1	275,000	10,000	875,000
	Total		1,227,710	25,435	2,753,810
Monterrey					
	Estación Base	4	5,500	-	22,000
	Estación Remota	69	2,500	-	172,500
	Estación Host	2	5,500	-	11,000
	Servidor de Comunicaciones 8 ptos.	1	4,000	-	4,000
	Radio UHF	4	7,100	25	34,400
	DS0 Local	0	272	217	-
	IusaNet 64 kbps	0	3,000	378	-
	Multiplexor	1	3,060	-	3,060
	Puente Enrutador	1	5,000	-	5,000
	Estación de Trabajo	1	18,200	-	18,200
	Programas de Control y Administración	1	19,480	-	19,480
	RDI Monterrey-Guadalajara	1	15,370	8,884	548,410
	Satelitron 2 Mbps	1	14,500	4,450	281,500
	Adecuación del Lugar y Otros	1	235,000	8,000	715,000
	Total		548,510	21,434	1,834,550

Tabla 4.5: Opción 1 "Radio Digital UHF"

Ciudad	Concepto	Cantidad	Costo unitario (USD)	Renta mensual (USD)	Total USD (5 años)
Guadalajara					
	Estación Base	5	5,500	-	27,500
	Estación Remota	81	2,500	-	202,500
	Estación Host	2	5,500	-	11,000
	Servidor de Comunicaciones 8 ptos.	1	4,000	-	4,000
	Radio UHF	5	7,100	25	43,000
	DS0 Local	0	272	217	-
	IusaNet 64 kbps	0	3,000	378	-
	Multiplexor	1	3,060	-	3,060
	Puente Enrutador	1	5,000	-	5,000
	Estación de Trabajo	1	18,200	-	18,200
	Programas de Control y Administración	1	19,480	-	19,480
	RDI Guadalajara-México	1	15,370	10,225	628,870
	Satelitrón 2 Mbps	1	14,500	4,450	281,500
	Adecuación del Lugar y Otros	1	240,000	9,000	780,000
	Total		596,110	23,800	2,024,110
			Total Inversión	Total Mensual	Gran Total
			2,372,330	70,669	6,612,470

Tabla 4.5: Opción 1 "Radio Digital UHF" (cont.)

Ciudad	Concepto	Cantidad	Costo unitario (USD)	Renta mensual (USD)	Total USD (5 años)
D.F.					
	Estación Base	12	5,500	-	66,000
	Estación Remota	230	2,500	-	575,000
	Estación Host	2	5,500	-	11,000
	Servidor de Comunicaciones 16 ptos.	1	6,900	-	6,900
	Radio UHF	0	7,100	25	-
	DS0 Local	12	272	217	159,504
	IusaNet 64 kbps	0	3,000	378	-
	Multiplexor	1	3,060	-	3,060
	Puente Enrutador	1	5,000	-	5,000
	Estación de Trabajo	1	18,200	-	18,200
	Programas de Control y Administración	1	149,480	-	149,480
	RDI México-Monterrey	1	15,370	10,685	656,470
	Satelitrón 2 Mbps	1	17,500	4,450	284,500
	Adecuación del Lugar y Otros	1	275,000	10,000	875,000
	Total		1,145,774	27,739	2,810,114
Monterrey					
	Estación Base	4	5,500	-	22,000
	Estación Remota	69	2,500	-	172,500
	Estación Host	2	5,500	-	11,000
	Servidor de Comunicaciones 8 ptos.	1	4,000	-	4,000
	Radio UHF	0	7,100	25	-
	DS0 Local	4	272	217	53,168
	IusaNet 64 kbps	0	3,000	378	-
	Multiplexor	1	3,060	-	3,060
	Puente Enrutador	1	5,000	-	5,000
	Estación de Trabajo	1	18,200	-	18,200
	Programas de Control y Administración	1	19,480	-	19,480
	RDI Monterrey-Guadalajara	1	15,370	8,884	548,410
	Satelitrón 2 Mbps	1	14,500	4,450	281,500
	Adecuación del Lugar y Otros	1	235,000	10,000	835,000
	Total		521,198	24,202	1,973,318

Tabla 4.6: Opción 2 "DS0 11 MEX"

Ciudad	Concepto	Cantidad	Costo unitario (USD)	Renta mensual (USD)	Total USD (5 años)
Guadalajara					
	Estación Base	5	5,500	-	27,500
	Estación Remota	81	2,500	-	202,500
	Estación Host	2	5,500	-	11,000
	Servidor de Comunicaciones 8 ptos.	1	4,000	-	4,000
	Radio UHF	0	7,100	25	-
	DSO Local	5	272	217	66,460
	IusaNet 64 kbps	0	3,000	378	-
	Multiplexor	1	3,060	-	3,060
	Puente Enrutador	1	5,000	-	5,000
	Estación de Trabajo	1	18,200	-	18,200
	Programas de Control y Administración	1	19,480	-	19,480
	RDI Guadalajara-México	1	15,370	10,225	628,870
	Satelitrón 2 Mbps	1	14,500	4,450	281,500
	Adecuación del Lugar y Otros	1	240,000	10,000	840,000
	Total		561,970	25,760	2,107,570
			Total Inversión	Total Mensual	Gran Total
			2,228,942	77,701	6,891,002

Tabla 4.6: Opción 2 "DSO TELEVISIÓN" (cont.)

Ciudad	Concepto	Cantidad	Costo unitario (USD)	Renta mensual (USD)	Total USD (5 años)
D.F.					
	Estación Base	12	5,500	-	66,000
	Estación Remota	230	2,500	-	575,000
	Estación Host	2	5,500	-	11,000
	Servidor de Comunicaciones 16 ptos.	1	6,900	-	6,900
	Radio UHF	0	7,100	25	-
	DS0 Local	0	272	217	-
	IusaNet 64 kbps	12	3,000	378	308,160
	Multiplexor	1	3,060	-	3,060
	Puente Enrutador	1	5,000	-	5,000
	Estación de Trabajo	1	18,200	-	18,200
	Programas de Control y Administración	1	149,480	-	149,480
	RDI México-Monterrey	1	15,370	10,685	656,470
	Satelitrón 2 Mbps	1	17,500	4,450	284,500
	Adecuación del Lugar y Otros	1	275,000	10,000	875,000
	Total		1,178,510	29,671	2,958,770
Monterrey					
	Estación Base	4	5,500	-	22,000
	Estación Remota	69	2,500	-	172,500
	Estación Host	2	5,500	-	11,000
	Servidor de Comunicaciones 8 ptos.	1	4,000	-	4,000
	Radio UHF	0	7,100	25	-
	DS0 Local	0	272	217	-
	IusaNet 64 kbps	4	3,000	378	102,720
	Multiplexor	1	3,060	-	3,060
	Puente Enrutador	1	5,000	-	5,000
	Estación de Trabajo	1	18,200	-	18,200
	Programas de Control y Administración	1	19,480	-	19,480
	RDI Monterrey-Guadalajara	1	15,370	8,884	548,410
	Satelitrón 2 Mbps	1	14,500	4,450	281,500
	Adecuación del Lugar y Otros	1	235,000	10,000	835,000
	Total		532,110	24,846	2,022,870

Tabla 4.7: Opción 3 "IUSANFT"

Ciudad	Concepto	Cantidad	Costo unitario (USD)	Renta mensual (USD)	Total USD (5 años)
Guadalajara					
	Estación Base	5	5.500	-	27,500
	Estación Remota	81	2,500	-	202,500
	Estación Host	2	5,500	-	11,000
	Servidor de Comunicaciones 8 ptos.	1	4,000	-	4,000
	Radio UHF	0	7,100	25	-
	DS0 Local	0	272	217	-
	IusaNet 64 kbps	5	3,000	378	128,400
	Multiplexor	1	3,060	-	3,060
	Puente Enrutador	1	5,000	-	5,000
	Estación de Trabajo	1	18,200	-	18,200
	Programas de Control y Administración	1	19,480	-	19,480
	RDI Guadalajara-México	1	15,370	10,225	628,870
	Satelitrón 2 Mbps	1	14,500	4,450	281,500
	Adecuación del Lugar y Otros	1	240,000	10,000	840,000
	Total		575,610	26,565	2,169,510
			Total Inversión	Total Mensual	Gran Total
			2,286,230	81,082	7,151,150

Tabla 4.7: Opción 3 "RISANFT" (cont.)

Al final de cada tabla se incluyó un punto llamado "Adecuación del Lugar y Otros", el cual se refiere a los gastos comerciales que representa el mantener la Red en funcionamiento.

Para realizar un estimado de estos gastos se deben tomar en cuenta el Personal, el Terreno y la Obra Civil, las Adecuaciones para el Equipo de Comunicaciones, el Mobiliario, el Equipo de Fuerza, las Instalaciones Eléctricas y el Mantenimiento.

Para cuantificar el personal se tomaron en cuenta los Departamentos necesarios para operar cada CCAR; a partir de ellos se deduce el número de personas que integra cada uno, lo cual se indica en la siguiente tabla:

Departamento	Personal	Sueldo (mensual)	Sueldo (5 años)
Dirección	3	N\$ 15,000	N\$ 2,700,000
Ingeniería	5	N\$ 8,000	N\$ 2,400,000
Finanzas	3	N\$ 3,500	N\$ 630,000
Recursos Humanos	2	N\$ 4,000	N\$ 480,000
Mercadotecnia	6	N\$ 3,000	N\$ 1,080,000
Mantenimiento	6	N\$ 2,500	N\$ 900,000
TOTAL	25	N\$ 36,000	N\$ 8,190,000

Tabla 4.8: Sueldos del Personal

Del total de sueldos mensual se convirtió a dólares, obteniendo que se gastarán 6,000 USD en sueldos mensualmente. A este punto se le sumó el costo del mantenimiento de los equipos, el cual se estimó de 3,000 USD mensuales más 1,000 USD como "factor de miedo" (para prevenir cualquier imprevisto). Al sumar todo lo anterior se obtienen los 10,000 USD que indica la cotización (el que los valores obtenidos se convirtieran a USD fué esperando representar con ello el valor en el tiempo correspondiente).

Una vez calculado el personal correspondiente se hicieron las siguientes consideraciones:

- 16 m² de terreno por persona
- N\$ 2,000 el m² de construcción
- N\$ 1,200 el m² de terreno
- N\$ 310 el m² de adecuación
- N\$ 150,000 de mobiliario total
- 2 Vehículos para mantenimiento (N\$ 60,000 y N\$ 40,000)

De lo que se obtiene un total de N\$ 1,654,000.00 (275,000 USD) de inversión inicial, misma que figura en las cotizaciones correspondientes al D.F.

Para las ciudades de Monterrey y Guadalajara la variante fué el precio del m² de terreno, adecuación, etc. y el mantenimiento a un menor número de equipos.

Ahora, revisando los grandes totales de las tablas, en la Opción 1 se tiene la mayor de las tres inversiones iniciales con la menor de las rentas mensuales y el menor gasto final. Para la Opción 2 la inversión inicial es la menor de las tres, la renta se encuentra en un punto medio así como la inversión final. En el caso de la Opción 3 la inversión inicial se encuentra en un punto medio, la renta mensual es la más elevada de las tres y de igual forma la inversión final.

Si sólo se tomara en cuenta el punto de vista financiero, se descartaría por completo la última opción, ya que la renta es la más elevada y el gran total supera a los de las otras opciones por más de 250,000 USD; es así como lo más aceptable sería la Opción 2, con una inversión baja, una renta media y un Gran Total no mucho más elevado que el menor de ellos.

Ahora, tomando en cuenta el punto de vista técnico, el soportar toda la red con enlaces punto a punto de TELMEX (DSO) es una opción que no permite mucha confiabilidad al prestar el servicio. De esta forma, tratando de disminuir los gastos de inversión, se puede perder una gran clientela al no brindar un buen servicio. Es así como

hemos optado por la Opción 1, ya que en ésta es uno mismo quien se encarga de mantener los enlaces de radio funcionando correctamente, lo cual permite ofrecer la confiabilidad necesaria para volverlo un negocio competitivo.

Rentabilidad del Proyecto

Serían dos los conceptos básicos que se cobrarían a los usuarios por los servicios de nuestra red: Contratación Inicial y Renta Mensual.

Con la Contratación Inicial se pretende cobrar un pequeño porcentaje del valor de los equipos utilizados en su conexión para amortizar de manera más rápida la inversión que demandará la red. La Renta Mensual se pretende fijar en base los costos actuales de los canales de comunicación similares que puede adquirir el cliente.

Adicional a los costos presentados se realizó una investigación de tarifas de rentas para enlaces de larga distancia y local a nivel mundial. En ésta TELMEX nos proporciona un buen punto de comparación para fijar nuestros precios de renta y contratación ya que, como se puede apreciar en las figuras 4.18 y 4.19, sus tarifas son competitivas.

Recordando la investigación que se realizó en el capítulo 3 del presente trabajo, los precios de contratación o cargo de acceso que cobra TELMEX para un enlace de capacidad de 9.6 kbps local y de larga distancia es de 500 y 543 USD respectivamente, mientras que para una capacidad de 64 kbps es de 270 y 760 USD; IUSANET para enlaces de 64 kbps presenta un costo de contratación de 3,000 USD aprox. y una renta mensual de 378 USD y el costo de enlace de radio UHF a 64 kbps es de 7,000 USD con un pago anual a SCT de 300 USD.

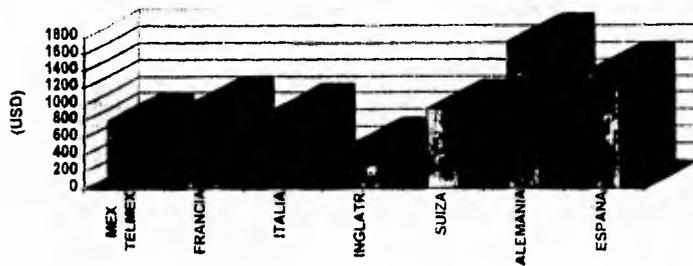


Fig. 4.18: "Renta mensual de enlace larga distancia E0 (100 km.)"

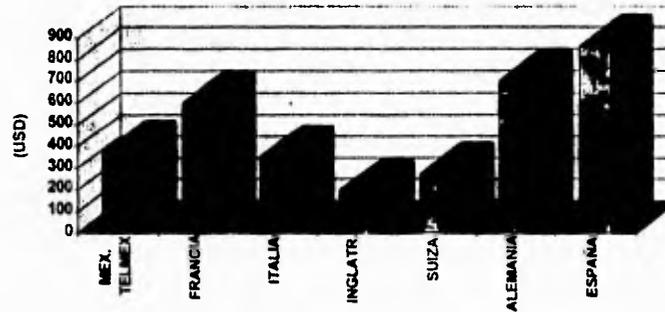


Fig. 4.19: "Renta mensual de enlace local E0 (10 km.)"

Las tarifas anteriores corresponden a capacidades de 9.6 ó 64 kbps y la capacidad máxima local de nuestra red es de 19.2 kbps, por lo cual estimamos nuestras tarifas a partir de un punto intermedio entre los costos que maneja TELMEX, obteniendo como resultado que nuestras tarifas son competitivas, rentables y sobre todo con mayor confiabilidad.

Se cobrará por contratación 400 y 150 USD de renta mensual, por manejo de una Estación Remota ó Sitio, sin tener un cargo extra tratándose de un enlace foráneo.

Para saber si con los precios anteriores nuestra red es rentable nos basamos en estudios de crecimiento promedio típico del mercado que se da en redes privadas de telecomunicaciones, arrojando los siguientes resultados:

	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	TOTAL
Participación de Mercado esperada	35 %	11 %	13 %	18 %	23 %	100 %
Estaciones Remotas acumuladas	133	173	225	292	380	380
Estaciones Remotas entrantes	133	40	52	67	88	380
Utilidades Anuales (USD)	292,683	380,499	1,665,386	5,667,253	19,380,601	27,396,422

Tabla 4.9: Utilidades de la Red

Como se puede observar, en el año 4 se han cubierto los gastos de inversión y renta que demandan el total de los 5 años en que se proyectó la Red para cualquiera de las opciones contempladas anteriormente, lo cual implica que a partir del mismo prácticamente todas la utilidades son netas.

El que el proyecto se haya estimado para 5 años no implica que se pueda prolongar, sino que factores primordiales como la tecnología no permiten que se proyecte a más. Sin embargo, se podría analizar una forma de actualización de tecnología en el año 4 para mantener el negocio por un periodo más largo.

4.8 VERIFICACION DE CUMPLIMIENTO DE OBJETIVOS DE DISEÑO

Una vez diseñada nuestra red es necesario verificar que los objetivos planteados en un principio hayan sido completamente cumplidos. Para esto es necesario comparar los objetivos propuestos al principio de este capítulo con el diseño real logrado.

Logramos comunicar directamente los tres nodos principales (México, Monterrey y Guadalajara), en forma directa y utilizando dos medios, RDI y enlace satelital en forma redundante. El equipo con el que cuenta cada nodo es el suficiente para comunicar a usuarios dentro de la misma ciudad o sucursales asociadas por medio de radio.

Cada nodo cuenta con autonomía a pesar de estar interconectado con los otros dos permanentemente y sin interferir en ellos. En cada uno de los nodos se instaló un Centro de Control y Administración de Red desde el cual se verifica que el funcionamiento de la red sea el adecuado

La comunicación entre nodo y estación base se lleva a cabo por medio de radio debido a que es la opción óptima tomando en cuenta el factor productividad-costo. De la estación base nos comunicamos a la estación remota por medio de *trunking*, la estación remota soporta hasta treinta usuarios.

La Red ha sido diseñada para llegar a un crecimiento máximo en cinco años, durante los cuales deben cumplirse los objetivos de instalación, mantenimiento y servicio, además de cumplir también con el objetivo de rentabilidad. De acuerdo a las estimaciones hechas, todos estos objetivos deben cumplirse sin problema alguno durante este lapso de tiempo.

En cuanto a servicio, la red ha sido enfocada a cubrir las necesidades de pequeños y medianos comercios mediante el concepto *Point of Service* (POS) tal y como se planteó

al principio en nuestros objetivos por medio de una conexión directa a través de la red a bases de datos de sus oficinas centrales, inventarios de sus almacenes, conexión directa al banco para cuentas de crédito, etc.

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

RESULTADOS

Actualmente los principales usuarios de redes transaccionales, usan como medios de comunicación enlaces punto a punto, ya sea a través de líneas privadas rentadas a TELMEX o enlaces privados de Radio UHF.

Al nosotros usar enlaces de Radio UHF para enlazar los nodos a las estaciones base y éstas a las remotas, observamos una de las principales ventajas obtenidas sobre la utilización actual de este tipo de medios fué la eficiencia en el uso de los canales de radio, ya que de acuerdo a la normatividad actual requieren un ancho de banda de 50 kHz (25 kHz por canal). Nosotros con el mismo ancho de banda podemos manejar más de 300 cajeros automáticos o 600 terminales de verificación de tarjeta de crédito, con tiempos de respuesta equivalentes a los obtenidos con enlaces dedicados.

Nuestra Red tiene la capacidad de manejar de manera independiente tráfico de diferentes usuarios con diferentes aplicaciones, lo que le permite prestar servicios públicos en forma compartida usando una sola infraestructura, presentando grandes facilidades para interconectar sistemas en diferentes ciudades y manejarlos todos de manera integrada.

La Red diseñada cumplió con los requerimientos planteados inicialmente, logrando un enfoque a futuro con punto de vista empresarial. Esto da lugar a que la Red subsista de forma rentable, proporcionando servicios durante un periodo mínimo de cinco años. Así podemos afirmar que la factibilidad del proyecto ha sido mejor de lo esperado en un principio, ya que a pesar de tener una inversión inicial muy alta, el costo no dista mucho de otros proyectos similares e incluso compite a nivel mundial, de manera que la inversión no es sólo recuperada sino multiplicada durante los cinco años para los que fué planeada.

Aunque la vida útil del proyecto fue planeada en el papel para cinco años, hay que tomar en cuenta que actualmente se desarrollan nuevas tecnologías día con día. Por ello la Red puede adaptarse a nuevas tendencias que surjan, manteniendo al proyecto prestando servicios durante más tiempo.

CONCLUSIONES

El transporte transaccional de datos en México no ha sido explotado masivamente por TELMEX o cualquier otra empresa como sucede en otros países, por lo cual la puesta en marcha de la red que proponemos constituiría una excelente y rápida entrada al mercado de las redes públicas de telecomunicaciones ya que solo se necesita obtener un permiso de la SCT y no esperar a que se apruebe un reglamento o que salgan las bases de participación como sucede actualmente para empezar a operar en el mercado de la telefonía.

En la actualidad la tendencia en las comunicaciones de datos se enfoca hacia tecnología de interconexión de redes a alta velocidad (como ATM y Frame Relay), pero el cambio hacia estas nuevas tecnologías no es inmediato (un ejemplo de lo anterior es que en la actualidad la mayor parte de las actualizaciones que se hacen a los equipos es con *software* y no con *hardware*, lo que indica que el desarrollo no se efectúa de manera equitativa). Aún en países desarrollados como Alemania, Finlandia y Estados Unidos se estan empezando a consolidar las redes públicas con estas tecnologías y se presta el servicio en pocas ciudades con programas piloto; gracias a esto podemos asegurar que el futuro de nuestra red es seguro ya que como se mencionó anteriormente esta diseñada para crecer y adaptarse a las nuevas tecnologías.

Oportunidades para afianzarse en el mercado hay bastantes, por lo cual se deben tomar acciones rápidas; como pueden ser:

- posicionarse rápidamente en el mercado emergente,
- tratar de capitalizar las necesidades de los usuarios para acceder a nuevos servicios,
- fortalecer la imagen de soluciones en comunicación transaccional en el medio empresarial.

El mundo de las redes requiere de especializaciones intensivas debido a la gran cantidad de información que surge y se maneja día con día. Durante la licenciatura es muy difícil adquirir todos estos conocimientos, sin embargo la plataforma obtenida es muy sólida y da pie a poder hacer una muy buena especialización según convengan los intereses de cada estudiante.

APLICACIONES PROPUESTAS

A continuación presentamos las aplicaciones más frecuentes que demandan los usuarios en su comunicación, demostrando con esto que nuestra red tiene una gran flexibilidad de adaptación a diferentes aplicaciones.

Célula única (SISTEMA BÁSICO)

En esta configuración parte de la red puede ser configurada como una célula única de acceso directo al Host, como se muestra en la figura 1.

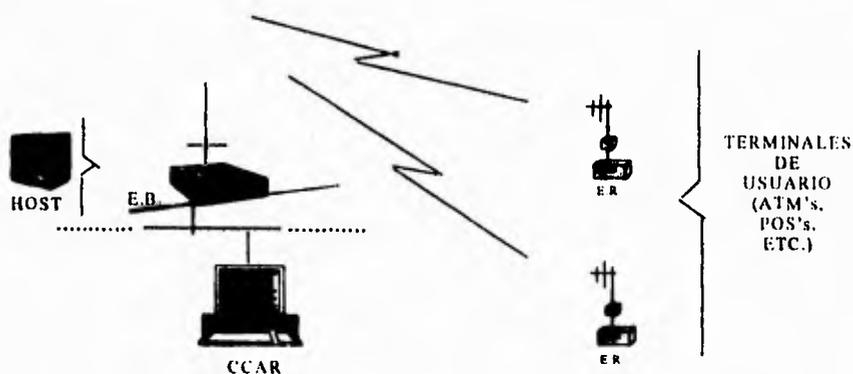


Fig. 1 Célula única con acceso directo a Host

La Estación Base (EB) puede tener de 2 a 4 puertos para Hosts. Las estaciones remotas (ER) pueden tener 1 o 2 puertos de salida capaces de trabajar en cualesquiera de los siguientes protocolos (cada puerto puede trabajar con un protocolo distinto a los demás):

- SDLC
- HDLC
- Poll / Select
- BiSync
- X.25 (SVCs & PVCs)
- VISA
- Async
- IBM Finance Loop
- PPP/IP

Célula única con Host remoto

En algunos casos, es necesario o conveniente instalar la EB en un punto distinto de donde se encuentra el Host. Los equipos de nuestra red permiten el manejo de esta alternativa como se muestra en la figura 2:

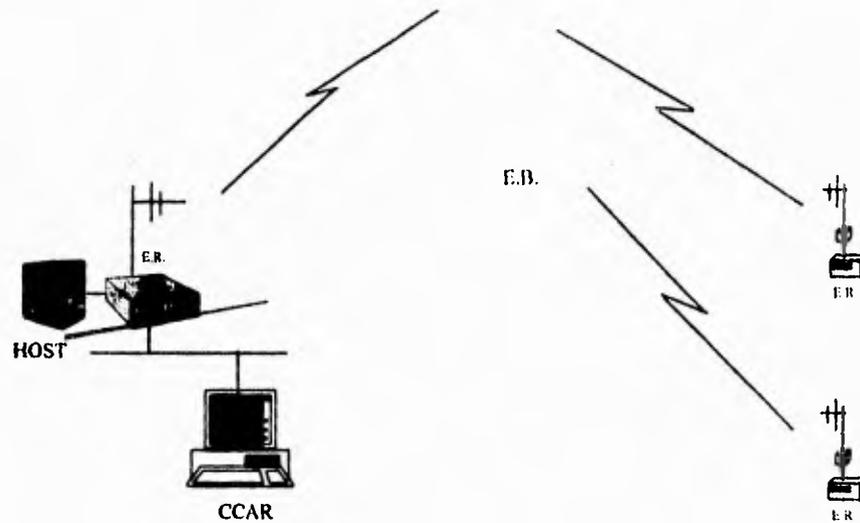


Fig. 2 Célula única con Host remoto

El Host se comunica con los equipos remotos a través de la EB, usando el protocolo de radio. El CCAR puede ser colocado con el Host Remoto, o en cualquier otro nodo de la red.

Control Centralizado con Múltiples Células

Cuando existen múltiples células, cada una de ellas con sus propios puertos es posible administrar toda la red con una sola estación CCAR, como se muestra en la figura 3.

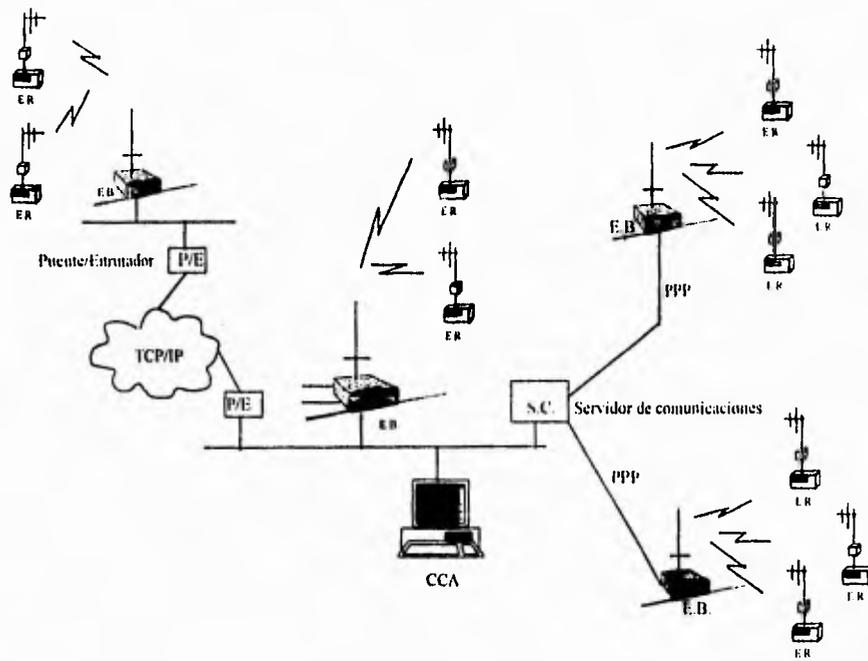


Fig. 3 Control centralizado con múltiples células

Las EBs necesitan una conexión IP al CCAR. Este enlace puede ser a través de líneas Ethernet o seriales con protocolo PPP. En este último caso se necesita un Servidor de Comunicaciones.

Red TCP/IP

Una de las características más sobresalientes de los equipos de nuestra red es su capacidad de funcionamiento en red. Múltiples EBs pueden ser interconectadas a través de una red TCP/IP como se muestra en la figura 4.

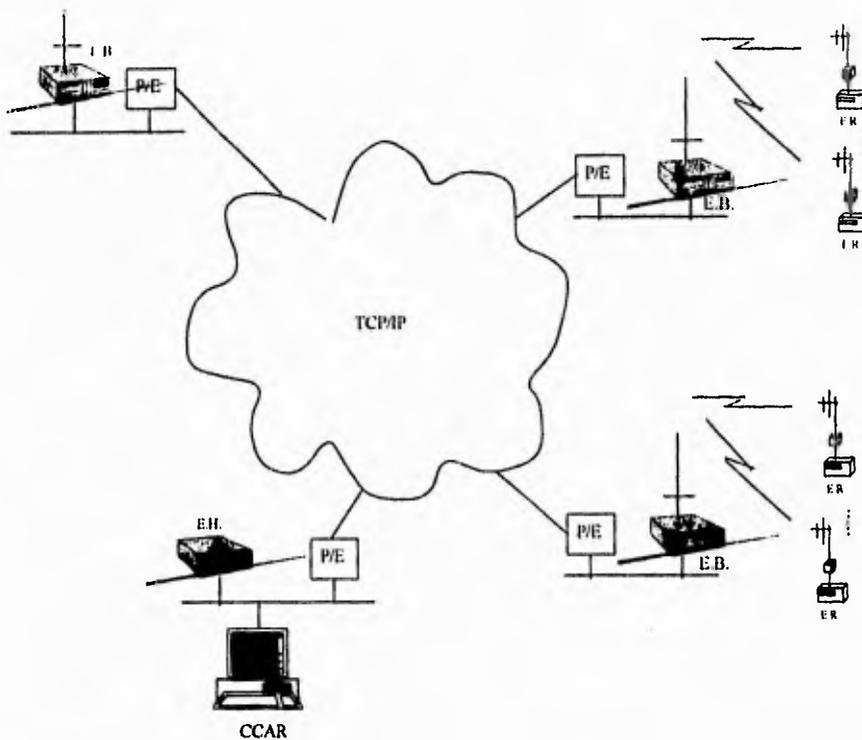


Fig. 4 Red TCP/IP

Toda la información multiprotocolaria de las EBs es encapsulada en formato IP, antes de ser transmitida a través de la red (IP). Con esto nuestro sistema permite establecer enlaces a nivel nacional e internacional. La red IP puede ser pública o privada.

Cada nodo de la red puede ser ampliado, como se muestra en la figura 5.

Usando servidores de comunicación para enlazar numerosas EBs al Nodo, se puede obtener una solución muy económica, por ejemplo: todas las EBs dentro una ciudad pueden ser agrupadas como se muestra en la figura anterior, antes de acceder la red IP.

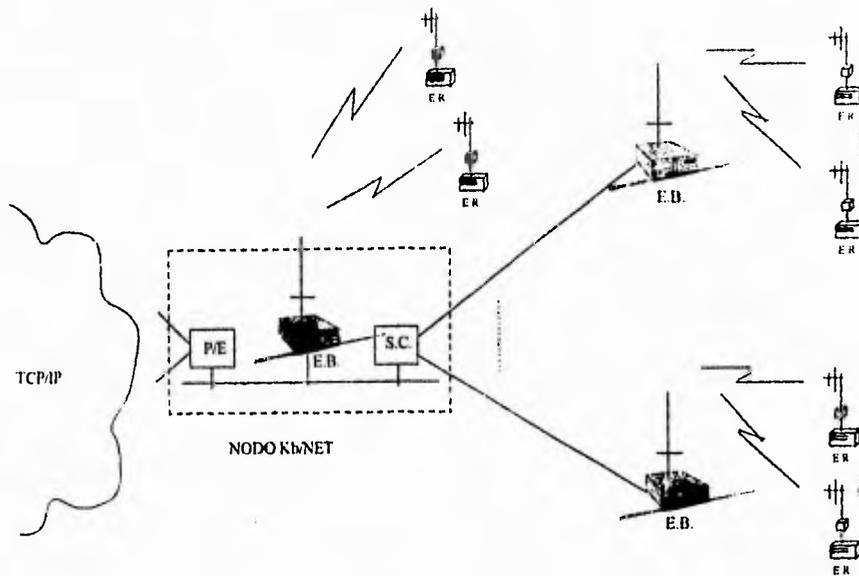


Fig. 5 Nodo ampliado

Transporte X.25

Nuestra red soporta el uso de X.25 en redes para transportar información entre las EBs, como se muestra en la figura 6.

Con esta configuración las EBs pueden encontrarse en lugares distantes y acceder remotamente un Host, utilizando X.25 PDN (Public Data Network).

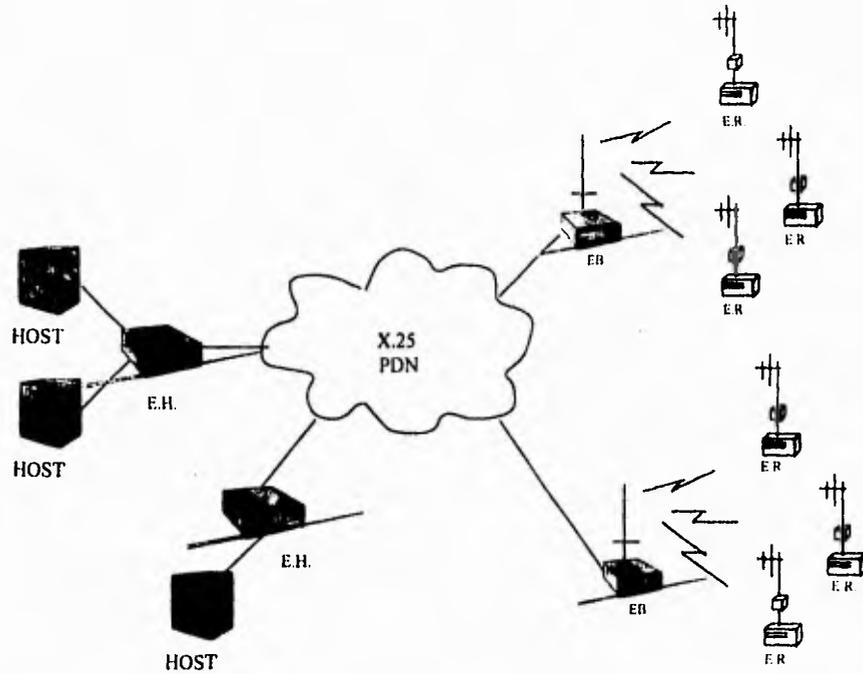


Fig. 6 Transporte X.25

TENDENCIAS TECNOLOGICAS

En los últimos años, los usuarios de redes de computadoras han estado transfiriendo información en redes locales a altas velocidades (del orden de 10 Mbps). Esta tendencia de a utilizar redes de alta velocidad se acentúa día con día debido al incremento en el uso de aplicaciones gráficas que requieren la transferencia de grandes volúmenes de información en tiempos relativamente cortos. En consecuencia, las redes de área amplia (WAN) de conmutación de paquetes y las redes VAN, han evolucionado a partir de 1991 para poder ofrecer velocidades de transmisión cada vez más elevadas.

conservando su característica de compartir eficientemente el ancho de banda de las líneas de transmisión, necesaria cuando el tráfico de información es por ráfagas.

Dos características tecnológicas recientes han influido considerablemente en el diseño de las WANs modernas que son : por una parte, la baja probabilidad de error y la alta velocidad de transmisión de las líneas digitales (en fibra óptica) y, por otra, el aumento en el poder de cómputo de las estaciones de los usuarios. Las redes X.25 , y otras redes de conmutación de paquetes, fueron desarrolladas en los años 70 para trabajar sobre líneas analógicas de baja velocidad e implementan procedimientos complejos de detección y corrección de errores, procedimientos que disminuyen la velocidad real de transferencia de información. Las redes de *Frame Relay* (relevo de tramas) es la siguiente generación de redes de conmutación de paquetes, reducen al mínimo los procedimientos de conmutación ya que dejan que las estaciones de los usuarios se encarguen de las tareas de corrección de los (escasos) errores de transmisión y de secuenciamiento que puedan ocurrir, logrando aumentar la velocidad de transmisión de la información real en comparación con las redes X.25.

Las redes de *Frame Relay* es una de las 2 grandes alternativas para realizar conmutación rápida de paquetes. La otra gran división de la conmutación rápida de paquetes es el *cell relay* (relevo de celdas), mejor conocido como ATM. La diferencia principal entre el *Frame Relay* y el *Cell Relay* estriba en que el primero transmite información en "tramas" de longitud variable y mientras que el segundo utiliza "celdas" de longitud fija. El uso de celdas de longitud fija permite realizar la conmutación utilizando mecanismos basados en hardware y, por lo tanto, operar a muy altas velocidades.

Es fácil imaginarse que la reciente carrera por lograr la conectividad, local y remota ha logrado poner en contacto a una gran diversidad de equipo de cómputo, pero a pesar del gran despliegue técnico y publicitario por lograrlo, la realidad actual es que ni los equipos se conectan eficientemente, sin problemas, ni los usuarios muestran un grado aceptable de confianza en las redes de computadoras. Por lo que la tendencia es exigir y ofrecer mucha mayor "interoperabilidad", este concepto se basa en la apreciación de las necesidades de los usuarios y se puede resumir en 3 puntos:

1. Utilización de toda la base instalada de computadoras del usuario sin importar la marca de fabricante o el sistema operativo que utiliza, reduciendo con esto presupuesto de compras en equipo de computo nuevo.

2. Acceso instantáneo y transparente a toda la información disponible en la organización sin importar su localización geográfica.

3. Eliminación de redundancias en el procesamiento o almacenamiento de la información, sobre todo en procesos manuales.

De esta forma, la interoperabilidad resuelve el reto de ver a una red como un solo sistema y no como un grupo de sistemas conectados y traerá como consecuencia inevitable el crecimiento de los sistemas abiertos, de las plataformas compatibles, alianzas, fusiones y adquisiciones de compañías anteriormente rivales. Se verá con gusto el desarrollo de más software de comunicación global como sistemas operativos de múltiples servidores y hará que los participantes del mercado se posicionen cada vez más en el ofrecimiento de valores agregados y menos en la diferenciación tecnológica.

Nosotros como una Red de Servicios de Valor Agregado seremos participantes activos en el uso y desarrollo de la tecnología de comunicaciones y aunque inicialmente esta pensada para proporcionar servicios de tráfico transaccional se planeo para dar facilidad de integrarse a la interoperabilidad, ya que su arquitectura no pone restricciones sobre el tipo de red a conectar permitiendo integrarse o integrar cualquier red de conmutación de paquetes (*X.25, Frame Relay, ATM*) y de esta forma no despegarnos de las actuales tendencias tecnológicas.

BIBLIOGRAFIA

- Bellamy, John
"Digital Telephony"
Wiley-Interscience, 2a Edición, 1991, USA

- Black, Uyles
"Redes de Computadoras"
Macrobit, 1990, México

- Calhoun, George
"Wireless Access and the Local Telephone Network"
Artech House, 1992, USA

- Dixon, R.C.
"Spread Spectrum Systems"
Wiley-Interscience, 1976, USA

- Freeman, Roger L.
"Ingeniería de Sistemas de Telecomunicaciones"
Limusa, 1991, México

- Freeman, Roger L.
"Radio System Design for Telecommunications"
Wiley-Interscience, 1987, USA

- González Sanz, Nestor
"Comunicaciones y Redes de Procesamiento de Datos"
Mc Graw Hill, 1987, México

- Lee, William C. Y.
"Mobile Communications Design Fundamentals"
Wiley-Interscience, 2a Edición, 1993, USA

- Linnartz, Jean - Paul
"Narrowband Land-Mobile Radio Networks"
Artech House, 1993, USA

- Mehrotra, Asha
"Cellular Radio Performance Engineering"
Artech House, 1994, USA

- Rose, Marshall T.
"The Simple Book: An Introduction to Management of TCP/IP Based Internets"
Prentice Hall, 1991, USA

- Rosner, Roy D.
"Packet Switching"
Lifetime Learning Publications, 1982, USA

- Schat, Stan
"Understanding Local Area Networks"
SAMS (Prentice Hall); 3a Edición, 1992, USA

- Schwartz, Mischa
"Transmisión de Información, Modulación y Ruido"
McGraw Hill; 3a Edición; 1a Edición en Español, 1987, México

- Stallings, William
"ISDN and Broadband ISDN"
Mc Millan Publishing Comp., 2a Edición, 1992, USA

- Tanenbaum, Andrew S.
"Redes de Ordenadores"
Prentice Hall, 1991, México

- Situación Actual de la Red Digital Integrada
5a Reunión de Otoño de Comunicaciones y Computación 1994.
Memoria Técnica
Ing. José Antonio Ramírez Vidal
IEEE

- Seminario de Conectividad Avanzada
Intersys Mexico S.A. de C.V.
1994

- Revista "Soluciones Avanzadas"
Redes de Conmutación de Paquetes : La Siguiete Generación
Febrero 1994

- Revista "RED"

"Red Digital Integrada: Conexión con el Mercado Mundial"
Laura Mayo Guzmán
Año IV, No. 34

"Sistema Solidaridad: Heraldos Mexicanos"
Colaboración especial Secretaría de Comunicaciones y Transportes
Año IV, No. 37

"Comunicaciones Móviles Vía Satélite en México a través del Sistema
Solidaridad"
R. Conte, J. Soto, J. Becerra
Año IV, No. 41

"Las Telecomunicaciones en México de cara al Siglo XXI"
Enrique Melrose Aguilar
Año IV, No. 41

"Conectividad y Comunicación para un nuevo Servicio"

Laura Mayo Guzmán

Año IV, No. 50

"La Supercarretera de la Información en México :

¿Por donde empezamos?"

Laura Mayo Guzmán

Año IV, No. 50

"Infosel, Reforma y El Norte un Servicio de Información de Vanguardia"

Avot Amézaga

Año IV, No. 51

"TV Interactiva: Los Servicios del Futuro"

Carlos Velarde

Año IV, No. 50

"Los Servicios de Valor Agregado en México: Riesgos y Oportunidades"

Alonso De Garay

Año IV, No. 52

"Definición de Redes (Parte I)"

Diana Corzo

Año IV, No. 52

"Dominarán Empresas Financieras el Futuro de las Telecomunicaciones"

Juan Aguilar

Año IV, No. 52

"Definición de Redes (Parte II)"

Diana Corzo

Año IV, No. 54

APENDICES

APENDICE 1

MODULACION POR IMPULSOS CODIFICADOS (PCM)

Desde el comienzo de los años sesentas las compañías telefónicas, empresas de comunicaciones y fabricantes de redes han venido instalando sistemas con tecnología digital, por lo que actualmente son muchos los componentes de los equipos de transmisión que emplean dicha tecnología. Entre ellos se incluyen servicios diversos como centrales privadas (PBX), multiplexores y centros de conmutación, etc. Por esta razón es necesario digitalizar la información analógica (comúnmente voz y video) mediante métodos de digitalización, el método más extendido y empleado en la industria es la Modulación por Impulsos Codificados (*PCM : Pulse Code Modulation*) que se basa en la teoría de Nyquist y se desarrolla a través de tres etapas:

1. Muestreo.
2. Cuantificación.
3. Codificación.

Muestreo

Consiste en la medición periódica del valor de la señal analógica. Dicha medida contiene toda la información si la frecuencia de muestreo es mayor o igual al doble de la frecuencia más alta de la señal muestreada. Las muestras se recogen y almacenan a una determinada velocidad, y se convierten en datos binarios como se muestra a continuación en la figura 1. Cada muestra es un Pulso Modulado en Amplitud (*MAM : Modulated Amplitud Pulse*). La velocidad de muestreo más aceptada en la industria es de 8000 muestras por segundo, lo cual según la teoría de muestreo de Nyquist permite reproducir con exactitud las señales de un canal de 4 kHz, por lo que es suficiente para expresar las señales de una línea telefónica de 3 kHz.

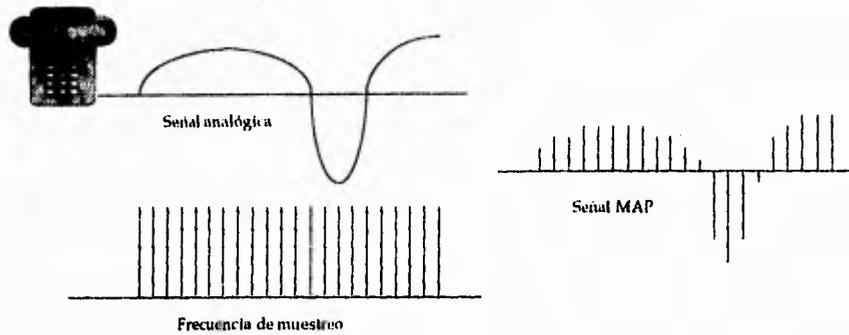


Fig. 1 Señal MAP (Modulated Amplitud Pulse) Modulada en Amplitud e Impulso.

Cuantificación y codificación

Después de que las muestras han sido muestreadas se procede a cuantificarlas, esto es, la representación de sus amplitudes es forzada a tomar un cierto valor (nivel de cuantificación) a cada señal MAP como se observa en la figura 2. Si los cuantificadores asignan valores entre 1 y 256 niveles o valores posibles, entonces cada muestra exige 8 bits ($2^8 = 256$) y necesitará 64000 bits por segundo para la transmisión.

Una vez asignado un valor binario a la señal MAP durante el proceso de cuantificación, la tercera etapa consiste en codificar las muestras en una cadena de bits, el proceso completo para la conversión de una señal analógica a información de tipo binario se muestra en la siguiente figura :

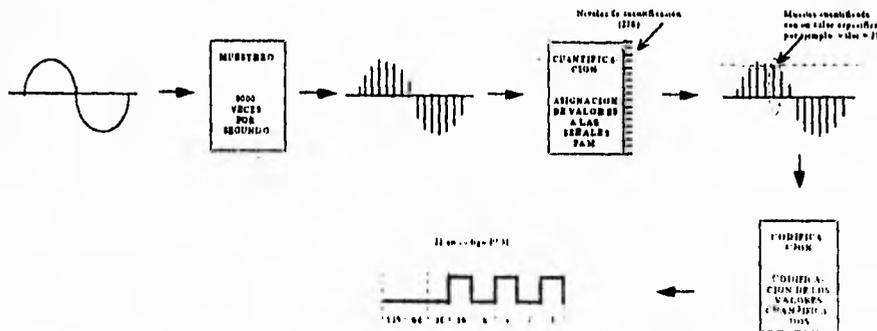


Fig. 2 Conversión de una señal analógica a PCM

El sistema PCM se utiliza generalmente en los sistemas de transmisión especificados por CCITT en la recomendación G.732. La recomendación indica que este sistema puede soportar 30 canales telefónicos en una línea además de 1 canal para obtener sincronismo y otro para señalización, por lo que se deberán transmitir 32 intervalos elementales de tiempo. Basándose en PCM, cada canal es muestreado 8000 veces por segundo, cada muestreo es transmitido como un valor de 8 bits. Esto significa que cada canal tiene una velocidad de transmisión de 64 kbits/s y que la velocidad total de transmisión para los 32 intervalos de tiempo en el sistema es de 2048 kbits/s.

Los 30 canales telefónicos están dispuestos en los intervalos numerados de 1 a 15 y de 17 a 31. Cuando un canal está libre es transmitido como ceros.

El canal de alineamiento va en el intervalo de tiempo 0. En el intervalo de tiempo 0 es introducida una Señal de Alineamiento de Trama (SAT). El intervalo de tiempo 16 es usado como canal de control y supervisión, esta a este intervalo se llama canal de señalización. La señalización es transmitida por medio de 4 bits. Estos indican si el canal telefónico está libre u ocupado. La estructura del intervalo de tiempo 0 y 16 de una multitrama se muestra en la fig. 3.

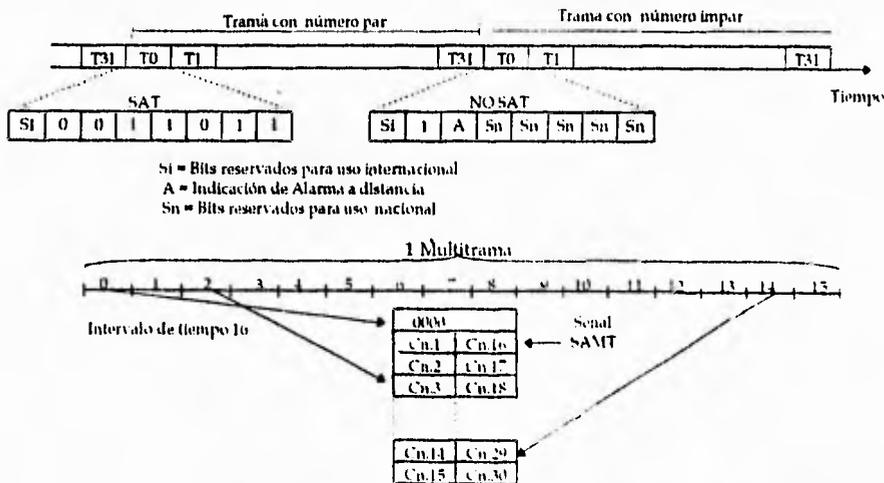


Fig. 3 Estructura del intervalo de tiempo 0 en una trama e intervalo de tiempo 16 de una multitrama

En la recomendación G.703, CCITT especifica las interfaces de 64 kbits. La recomendación describe tres tipos diferentes de interfaces:

Interfaz de reloj centralizado

Interfaz contradiereccional

Interfaz codireccional

Interfaz de reloj centralizado : Este tipo de interfaz es utilizado en sistemas que tienen un reloj central para sincronizar la red.

Interfaz contradiereccional : Esta interfaz se utiliza cuando uno de los transmisores tiene que generar las señales de reloj.

Interfaz codireccional : Esta interfaz difiere de las dos anteriores en la manera de transmitir las señales de temporización. Las señales de datos y temporización son transmitidas en el mismo grupo de enlace.

En la siguiente figura podemos ver estos tipos de interfaces.

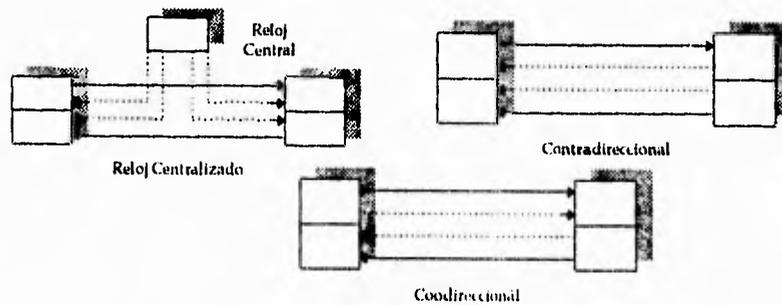


Fig. 4 Interfaces con diferente tipo de reloj.

Comprobación por redundancia cíclica (CRC)

En la recomendación G.704, CCITT ha descrito una manera de revisar todos los bits transmitidos introduciendo un control CRC en los sistemas de transmisión. El control CRC es llevado a cabo por cálculo de una suma de control de los bits transmitidos y haciéndola llegar hasta el receptor. Allí la suma de control transmitida es comparada con la suma de control calculada en el receptor.

En las figuras 5 y 6 podemos observar la estructura de submultitrama y la posición de bits CRC.

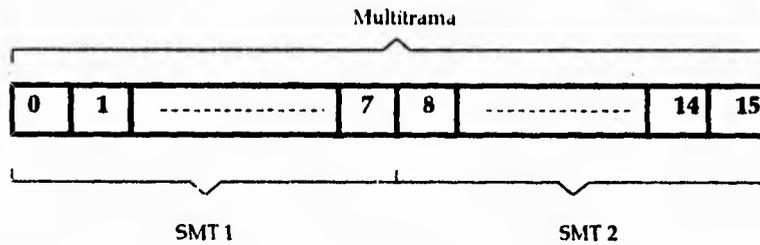
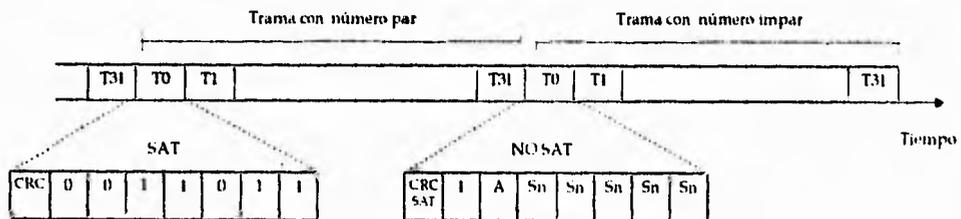


Fig. 5 Estructura de submultitrama CRC



CRC = Bit CRC real
 CRC MSAT = Bit de la señal de Alineación de Multitrama CRC
 A = Indicación de Alarma a distancia
 Sn = Bits reservados para uso nacional

Fig. 6 Posición de Bits CRC

Estructura de Trama en 8 Mbit/s

Este sistema de transmisión está descrito en la recomendación G.742 de CCITT. Una trama consiste de 848 bits y es dividida en cuatro grupos cada uno con 212 bits.

Estructura de trama en 34 Mbit/s

Esta estructura de trama está descrita en la recomendación G.751 de CCITT. Es similar al sistema de 8 Mbit/s, la trama es dividida en grupos. Una trama consiste en 1536 bits y es dividida en cuatro grupos, cada uno de 385 bits.

Estructura de trama en 140 Mbit/s

Este sistema está descrito en la recomendación G.751 de CCITT y difiere de los anteriores sistemas sólo en la longitud de la trama y el número de grupos. Una trama consiste en 2928 bits y es dividida en seis grupos, cada uno con 488 bits.