

41126  
40

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

---

**ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES  
CAMPUS ARAGON**

**“ELABORACION DE UNA PROPUESTA PARA  
LA ACTUALIZACION DE LA RED  
TELEFONICA DE LA UNAM”**

**T E S I S  
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA**

**P R E S E N T A :  
PABLO ALFONSO GARCIA CRUZ**

**ASESOR:  
ING. RAUL BARRON VERA**

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**MEXICO 2003**



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.

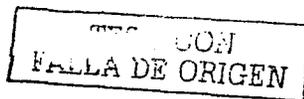
***A mi esposa Adriana:  
quien es el motor que me impulsa, la razón de mis deseos de superación  
y ganas de vivir.***

***Con todo mi amor y admiración, deseando que esta aventura, llamada  
vida, la compartamos y disfrutemos juntos, hasta el momento en que  
deba finalizar nuestro viaje por este mundo.***

**CEJIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

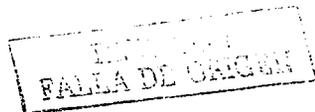
## AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la Universidad Nacional Autónoma de México y, en especial, a la Escuela Nacional de Estudios Profesionales Aragón, la educación que me han brindado y la oportunidad de conocer a personas tan capaces, como las que me han auxiliado en la elaboración de este trabajo de tesis, sin duda alguna, el más importante que he realizado hasta el momento.

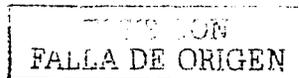


# ÍNDICE

	Página
<b>INTRODUCCIÓN</b>	vii
<b>1. CONCEPTOS BÁSICOS DE REDES DE VOZ</b>	<b>1</b>
1.1. El teléfono	1
1.2. El conmutador telefónico (PBX)	5
1.3. Redes telefónicas	7
1.3.1. Topologías	8
1.3.2. Redes públicas y privadas	11
1.3.2.1. Redes telefónicas públicas	11
1.3.2.2. Redes telefónicas privadas	12
1.4. Digitalización de la voz	13
1.5. Medios de transmisión	16
1.5.1. Medios de transmisión guiados	16
1.5.2. Medios de transmisión no guiados	27
1.6. Red digital de servicios integrados (ISDN)	37
1.6.1. Canales ISDN	38
1.6.2. Interfaces de acceso ISDN	39
1.6.2.1. Basic Rate Interface	40
1.6.2.2. Primary Rate Interface	41
1.6.3. Dispositivos funcionales ISDN y puntos de referencia	41
1.6.3.1. Dispositivos funcionales ISDN	41
1.6.3.2. Puntos de referencia ISDN	42
1.6.3.3. Servicios ISDN	42
1.6.3.4. Protocolos ISDN de nivel físico	43
<b>2. CONCEPTOS BÁSICOS DE REDES DE DATOS</b>	<b>44</b>
2.1. Modelo de referencia OSI	44
2.2. Modelo TCP/IP	50
2.2.1. Características de TCP/IP	51
2.2.2. La Internet	51
2.2.3. Diferencias entre OSI y TCP/IP	52
2.2.4. Estructura en capas de TCP/IP	54
2.2.5. Ruteadores y topología	57
2.2.6. Ruteo de IP	58
2.2.7. Protocolos de ruteo	58
2.2.8. Arquitectura de TCP	59
2.2.9. Arquitectura de UDP	59
2.2.10. Conceptos de seguridad	59
2.2.11. Autenticación	60
2.2.12. Tecnología de clasificación de mensajes	60
2.2.13. Integridad de los mensajes	61
2.2.14. Confidencialidad usando cifrado simétrico	61
2.2.15. Cifrado asimétrico con clave pública	61
2.2.16. Cifrado combinado	63



2.3. Topologías	63
2.3.1. Topología en estrella	63
2.3.2. Topología en anillo	64
2.3.3. Topología en bus	66
2.3.4. Topología en árbol	67
2.4. Estándares	68
2.4.1. Normas IEEE	68
2.5. Tecnologías IP	82
2.5.1. Fast Ethernet	82
2.5.2. Gigabit Ethernet	85
2.5.3. Voz sobre IP	90
<b>3. SEÑALIZACIÓN</b>	98
3.1. Señalización usuario-central	93
3.1.1. Señalización en banda y fuera de banda	99
3.2. Señalización central-central	100
3.2.1. Channel Associated Signaling	100
3.2.2. Common Channel Signaling	100
3.3. Sistemas de señalización	101
3.3.1. Sistema de señalización R2	101
3.3.2. Sistema de señalización #7	107
3.3.2.1. Arquitectura de SS7	107
3.3.2.2. Funcionamiento de la red SS7	109
3.3.3. Señalización de telefonía IP	123
3.3.3.1. Simple Control Transmission Protocol (SCTP)	123
3.3.3.2. MTP3 User Adaptation Layer (M3UA)	124
3.3.3.3. MTP2 User Adaptation Layer (M2UA)	125
<b>4. RED TELEFÓNICA DE LA UNAM</b>	126
4.1. Breve historia	127
4.2. Topología	130
4.3. Equipos	130
4.4. Enlaces	132
4.5. Servicios	133
4.6. Señalización	134
4.7. Tarificación	134
4.8. Tráfico	135
4.9. Necesidades	137
<b>5. ANÁLISIS DE TECNOLOGÍAS DISPONIBLES</b>	139
5.1. Conmutadores telefónicos (PBX)	139
5.2. Voz sobre IP	140
5.3. Centrex	141
5.4. Multiplexaje por división de longitud de onda (WDM)	142
<b>6. EQUIPOS DISPONIBLES EN EL MERCADO</b>	145
6.1. Alcatel	145



6.2. Avaya	145
6.3. Cisco Systems	145
6.4. Nortel Networks	146
6.5. Sphere Communications	146
6.6. Siemens	147
6.7. Nec	148
6.8. Otras tecnologías	148
6.8.1. Centrex	148
7. IMPACTO DE LA IMPLEMENTACIÓN	153
8. ANÁLISIS DE RESULTADOS	159
8.1. Alcatel	159
8.2. Avaya	159
8.3. Cisco Systems	160
8.4. Nortel Networks	160
8.5. Sphere Communications	160
8.6. Siemens	161
8.7. Nec	161
8.8. Otras tecnologías	162
8.8.1. Centrex	162
CONCLUSIONES	163
BIBLIOGRAFÍA	165

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

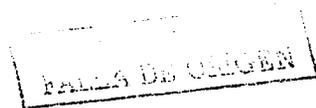
## INTRODUCCIÓN

La Universidad Nacional Autónoma de México, como generadora, preservadora y difusora de la educación y la cultura en México, requiere una comunicación continua y sostenida con las entidades internas y externas que la conforman, por lo que tiene la necesidad de contar con los mejores medios de comunicación, puesto que, si la comunicación y la información no fluye de manera eficiente en su interior, difícilmente lo hará hacia el exterior. Debido a que la UNAM se ha consolidado como una de las instituciones educativas y de investigación más importantes del país, con presencia dentro y fuera del territorio nacional, es necesario que, dentro de su estructura orgánica y de operación, las telecomunicaciones ocupen un papel importante, y por tanto, estén a la vanguardia; pues, es una de sus mejores herramientas para mantener interconectadas sus dependencias. Parte fundamental de los medios de comunicación de la UNAM, es la red telefónica, al proveer, antes que cualquier otra red, una comunicación instantánea y fiel, incluso con las dependencias más alejadas de la capital del país.

Nuestra red telefónica ha evolucionado, desde que estaba constituida por líneas analógicas en equipos multilíneas mecánicas o electromecánicas, que eran operados por un pequeño ejército de telefonistas humanas, hasta los actuales conmutadores digitales, controlados electrónicamente por procesadores con programa almacenado y señalización por canal común. Debido al actual nivel de desarrollo de la tecnología, los conmutadores telefónicos han sido rebasados por las nuevas tecnologías, que prometen un mejor desempeño y un mayor grado de administración y control. El paso del tiempo también ha dejado su huella indeleble, mermando el desempeño de los equipos instalados, algunos de los cuales tiene más de doce años de operación continua, lo que se refleja en la escasez de refacciones o partes para aumento de capacidad.

Mantener actualizada la red telefónica no es una acción simple, ni mucho menos rápida o económica, significa un gran esfuerzo, tanto económico como de planeación y logística; dadas las dimensiones de esta, el proceso debe ser paulatino, para lograr diferir los gastos y las actividades.

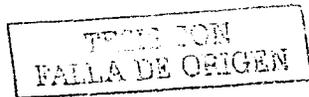
Las pruebas se han iniciado, las propuestas comienzan a ser planteadas, pero las órdenes y el presupuesto aún no se han puesto en marcha; posiblemente se den hasta que se tenga una idea más aproximada de la cantidad de recursos que será necesario destinar a este fin y, sobre todo, considerar las posibles fuentes de financiamiento, aunque estos aspectos están fuera del alcance de este trabajo, el cual solo considera los aspectos técnicos de dicha migración.



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**Objetivo:**

**Establecer las bases y requerimientos mínimos, basados en estándares internacionales, para la actualización gradual de la red telefónica de la UNAM, con equipos de nueva tecnología que ofrezcan un mayor número de facilidades a los usuarios.**



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## 1. CONCEPTOS BÁSICOS DE REDES DE VOZ

### 1.1. El teléfono

Haciendo una revisión de la historia del teléfono, al contrario de lo que se creía hasta hace poco, no fue Alexander Graham Bell quien lo inventó. El Congreso de los Estados Unidos de Norteamérica reconoció, en el año 2002 en un documento oficial, a Antonio Meucci como el verdadero inventor del teléfono. Este científico nació en Florencia, Italia, en 1808. Tres décadas después salió de su país para trabajar como técnico en el Teatro Tacón de La Habana, Cuba, donde comenzó a realizar experimentos con equipos militares para percatarse de las posibilidades que ofrecían el metal galvanizado y los choques eléctricos, popularmente utilizados en la isla para el tratamiento de enfermedades, lo cual sirvió de inspiración para un nuevo dispositivo. En 1850 dejó La Habana para radicarse en el poblado de Staten Island, a unos kilómetros de Nueva York. Ahí prosiguió con sus experimentos hasta lograr instalar el primer sistema telefónico que comunicó a varios cuartos de su casa con su taller, localizado en un edificio contiguo. Desgraciadamente, al poco tiempo de realizar demostraciones con la finalidad de conseguir financiamiento para la comercialización de su invento, se registró una explosión en su taller que lo mandó al hospital con severas quemaduras que lo pusieron al borde de la muerte. Desesperada, su esposa se vio obligada a vender parte de su equipo por la ridícula cantidad de \$6 dólares para costear los gastos. Ya restablecido, Meucci intentó recuperar sus artefactos, objetivo que nunca logró. Sin darse por vencido, recurrió a la compañía de telégrafos Western Union para terminar el proyecto entonces denominado "El Telégrafo Parlante". La empresa le dio largas mientras que, de alguna forma, le daba oportunidad a Alexander Graham Bell de registrar el invento en 1876, ante la Oficina de Patentes de Estados Unidos. Éste, en retribución, concedió a la Western Union 20% de las ganancias totales por las ventas del teléfono durante los siguientes 17 años. Cuando Meucci descubrió que Bell había patentado su invento, emprendió un juicio en contra de Western Union que, sin embargo, no tuvo éxito. El científico italiano murió sin haber obtenido ningún beneficio de su creación. Tendrían que pasar 126 años para que el gobierno de Estados Unidos reconociera a Meucci como el verdadero inventor del Teléfono.

En un sistema telefónico el primer elemento, por ser el que está en contacto directo con los usuarios, es el aparato telefónico. Este es utilizado para hacer y recibir llamadas; es simple en apariencia, pero su operación desempeña un sorprendente número de funciones. Las más importantes son:

- Mantiene un circuito de CD (corriente directa) abierto, mientras está colgado, manteniendo conectado el sistema de timbrado.
- Hace la petición de utilización del sistema telefónico al momento que es descolgado el auricular.
- Indica al usuario que el sistema está listo para atender su petición mediante un tono, llamado tono de invitación a marcar (dial tone).
- Indica a la central telefónica el número del teléfono al que se quiere llamar. Este número es generado por el aparato cuando el teclado es presionado o cuando el disco es girado.
- Indica el progreso de la llamada por la recepción de tonos indicadores del estado (timbrando, ocupado, etc.)



- Indica que hay una llamada entrante, mediante el timbrado de campana o generación de otros tonos audibles.
- Transforma el habla en señales eléctricas. Transforma las señales eléctricas recibidas en sonido, reproduciendo fielmente el original.
- Ajusta automáticamente la potencia de acuerdo a la distancia con la central.
- Le indica al sistema que una llamada ha finalizado cuando una parte "cuelga" el auricular.

El funcionamiento de un teléfono analógico, tomando como ejemplo uno de disco por ser uno de los más comunes y para su fácil comprensión, y su modo de conexión con la central local, se muestra en las figuras 1.1 y 1.2:

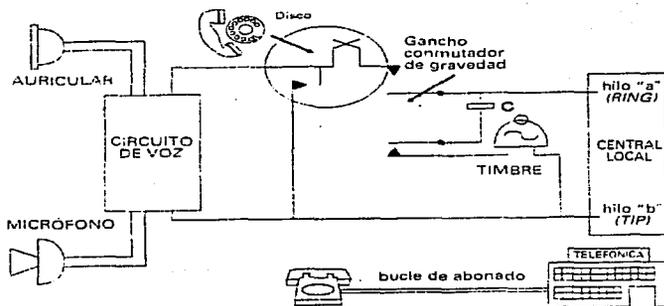


Figura 1.1 Teléfono conectado en espera. El circuito de voz –auricular y micrófono- se encuentra desconectado de la línea y el timbre dispuesto para recibir la señal de llamada de la central

En la figura 1.1 aparece el teléfono conectado a la central local en posición de reposo (*on hook*), por medio de los hilos a y b, razón por la cual se les suele denominar a/b. El circuito de voz –auricular y micrófono- se encuentra desconectado de la línea y el timbre dispuesto para recibir la señal de llamada de la central; en el momento en que el usuario oye sonar el timbre y descuelga el microteléfono, el conmutador de gravedad desconecta el timbre y pone el circuito de voz en la línea, quedando dispuesto para establecer la comunicación.

Si lo que el usuario desea es establecer una comunicación (figura 1.2), procede a levantar el microteléfono (*off hook*), con lo que el timbre se desconecta por la acción del conmutador de gravedad, y el circuito de voz se pone en línea, circulando la corriente continua generada por la batería de la central, pero con la particularidad de que en esta caso el disco actuará, produciendo una señal, al ser manipulado por el usuario.



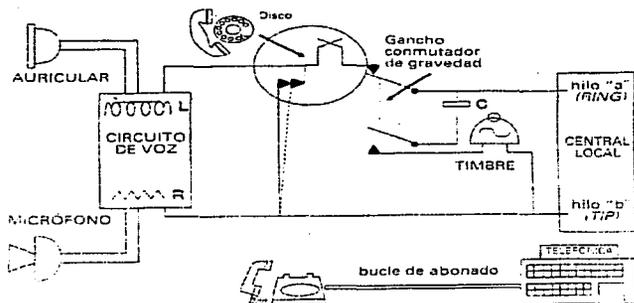


Figura 1.2 Teléfono conectado y operativo. Al levantar el microteléfono, el timbre se desconecta por la acción del conmutador de gravedad, y el circuito de voz se pone en línea, pudiéndose proceder a marcar o atender una llamada entrante

En el momento en que se produce el giro del disco, el circuito de voz se puentea quedando desactivado, y el retorno de éste, a una cadencia regulada produce aperturas del circuito a un ritmo de 10 por segundo, que son detectadas por la central en la forma de pulsos (el número de pulsos indica el número marcado, siendo el caso de 10 para el cero). Cuando se deja de manipular el disco, el usuario queda en disposición de establecer la comunicación, siempre y cuando logre establecer enlace con el teléfono de su interlocutor, lo que apreciará por el tono de llamada. Al finalizar, cuelga y el teléfono queda en disposición de recibir o realizar una nueva llamada.

Actualmente se utilizan distintos tipos de teléfonos, la mayoría de ellos de tipo analógico. Según la marcación se realice por impulsos decádicos o por tonos multifrecuencia, se pueden distinguir los siguientes:

- **Disco.** Éste es el primero que apareció, y permite la marcación del número del abonado con el que se desea comunicar mediante la actuación sobre un disco rotatorio; éste corta un bucle eléctrico, en su retorno, con una cadencia de diez veces por segundo (impulsos) para controlar el movimiento del selector. Existe una de este sistema de marcación (decádico de teclado) consistente en la sustitución del disco por un teclado y el almacenamiento de los dígitos marcados para su posterior envío por la línea con la misma cadencia de diez veces por segundo. Presenta la ventaja de una mayor rapidez y habilidad en el proceso de marcación, y para la central el teléfono decádico de teclado aparece exactamente igual que el de disco.
- **DTMF.** Estas siglas corresponden a **D**ual **T**one **M**ulti**F**requency (multifrecuencia de doble tono), que es el formato acordado por el CCITT



(ahora UIT-T) para la emisión de tonos desde un teléfono de teclado. Existen 12 tonos separados, con una combinación de dos de ellos asignada a cada tecla, incluidos el asterisco (\*) y la almohadilla (#), según se indica en la tabla siguiente. En la marcación por tonos el circuito con la central se mantiene en todo momento, frente a la de impulsos, en la que se produce una desconexión del bucle, por lo que los tonos pueden ser utilizados para enviar una señalización al abonado llamado. Cuando se pulsa la tecla de un número se genera la apropiada combinación de dos tonos que corresponde con la intersección del eje vertical y horizontal que definen el número. Estos teléfonos también se conocen como *touch-tone*, y su proceso de marcación es mucho más rápido que en los de pulsos (*dial-pulse*). El beneficio principal de esta señalización es que la conmutación es instantánea tan pronto la central recibe los tonos, y que no hay pérdida alguna asociada a la señal.

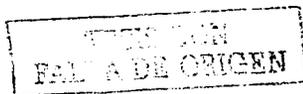
Hertz	1209	1336	1477	Reserva
697	1	2	3	A
770	4	5	6	B
852	7	8	9	C
941	*	0	#	D

Tabla 1.1 Grupos de frecuencias normalizadas por la UIT para uso en un teléfono multifrecuencia

- Digitales. Este tipo de teléfonos, con tecnología digital, ofrece una serie de facilidades adicionales. Su razón de ser es la de servir como terminal de la Red Digital de Servicios Integrados (RDSI o ISDN Integrated Services Digital Network). El aspecto de integración de servicios, propio de la RDSI, hace posible que tanto la computadora como el propio teléfono puedan compartir la línea de transmisión, con una velocidad de transmisión de 64 kbps. El usuario de un teléfono digital dispone de toda una gama de facilidades para el aprovechamiento del servicio telefónico, contando con teclas —fijas o programables— para introducir las funciones más usuales.

La línea telefónica, o bucle de abonado (local loop) es siempre a dos hilos (par de cobre), y se emplea tanto para la transmisión como para la recepción, pero al llegar a la central interurbana se transforma, mediante la bobina híbrida, a cuatro hilos, separándose entonces una de otra.

La misión de las bobinas híbridas es adaptar el circuito a dos hilos del bucle del abonado a los cuatro hilos que conforman un circuito interurbano —un par para la transmisión y otro para la recepción. Si esta adaptación fuese perfecta no habría retorno de señal en ninguno de los dos sentidos, pero como esto normalmente no ocurre así, ya que la impedancia de cada bucle de abonado es diferente por serlo su longitud, sucede que se producen desacoplamientos que hacen que parte de la señal transmitida, en el extremo receptor, se induzca en el circuito contrario, resultando en una señal que se mezcla con la generada en dicho extremo y que



es captada como un eco, que si es muy grande puede molestar al usuario considerablemente.

Por esta causa se hace necesario el empleo de circuitos "supresores de eco" que, o bien abren el circuito de retorno para evitar que la señal inducida llegue al emisor, o bien introducen pérdidas altas en el mismo para que llegue muy debilitada y no moleste. El inconveniente que presentan es que, con su empleo, solamente se puede mantener la conversación en un único sentido, lo que convierte a la línea en semidúplex. Últimamente, se han introducido los "canceladores de eco" cuya función es similar, pero ejecutada de forma diferente: con la introducción de filtros adaptativos que eliminan toda la señal de retorno que tenga parecido con la emitida, por lo que se puede mantener la conversación en ambos sentidos de manera simultánea.

Parámetro	Valores típicos USA	Límites de operación	Valores típicos europeos
Voltaje común de batería	-48 V dc	-47 a -105 V dc	Idénticos
Corriente de operación	20 a 80 mA	20 a 120 mA	Idénticos
Resistencia en loop	0 a 1.300 ohms	0 a 3600 ohms	Idénticos
Pérdida de loop	8 Db	17 dB	Idénticos
Distorsión	-50 dB totales	No aplica	
Señal de timbrado	20 Hz, 90 Vrms	16 a 60 Hz 40 a 130 Vrms	16 a 50 Hz 40 a 130 Vrms
Nivel de presión del sonido recibido	70 a 90 dBpsi*	130 dBpsi	Varios
Ruido del aparato telefónico		Menos de 15 dBBrnC**	

\*dBpsi = dB sound pressure level (dB de nivel de presión del sonido)

\*\*dBBrnC = valor en dB de ruido eléctrico referenciado a -90 dBm medidos con respuesta en frecuencia de C mensajes de peso.

Tabla 1.2 Parámetros fundamentales de las líneas telefónicas.

## 1.2. El conmutador telefónico (PBX)

De los tres elementos básicos de una red de voz, el conmutador o PBX (Private Branch Xchange) es el más invisible para los usuarios, aunque representa el elemento más importante en términos de oferta de servicios disponibles.

Obviamente, la función básica del conmutador es establecer y liberar conexiones entre canales de transmisión sobre una "base de como se requiera". La estructura y operación de un conmutador varía significativamente, como siempre, dependiendo de aplicaciones particulares.

Conceptualmente, la estructura de conmutación más simple es un arreglo rectangular de puntos de interconexión como se muestra en la figura 1.3. Esta matriz puede ser usada para conectar cualquiera de las  $N$  entradas con cualquiera de las  $M$  salidas. Si las entradas y salidas son conectadas a circuitos de dos hilos, solamente se requiere un punto de interconexión por conexión.



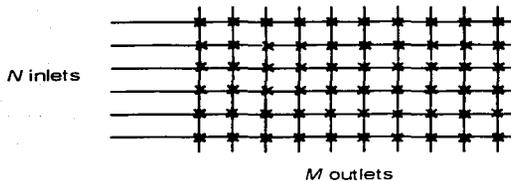


Figura 1.3 Arreglo rectangular de puntos de interconexión

Un PBX, además de proveer las características básicas requeridas para hacer y recibir llamadas, puede proveer muchas características adicionales. Estas características incluye cosas como: desvío de llamadas, transferencia de llamadas, conferencia tripartita, correo de voz y otras características de enrutamiento automático.

Otra característica adicional de los conmutadores digitales es la habilidad de conmutar tráfico a través del PBX como a través de una red de datos separada. Desgraciadamente, las tasas de transmisión de datos a través del PBX están muy limitadas en comparación con la red de datos, pero para cosas como grupos de módems e intercambio de impresos, el PBX digital ofrece una solución viable.

Los primeros equipos de interconexión telefónica nacieron de la necesidad. Uno de los más recientes y más completos de los primeros equipos fue diseñado por Almond B. Strowger de Kansas City, en los Estados Unidos. Este equipo vino a sustituir al anterior sistema de conexión manual, donde una operadora, de carne y hueso, se encargaba de establecer la conexión entre los dos abonados, mediante un cable con dos conectores que eran insertados en un tablero donde estaban las conexiones de todos los abonados. El equipo de Strowger proporcionaba mayor confidencialidad, además de que era controlado directamente por los pulsos del teléfono del usuario que deseaba establecer la conexión. Este equipo era completamente electromecánico. Los bloques de construcción eran relevadores electromagnéticos. El sistema no tenía inteligencia, excepto por la implícita que tenía al cablearse los relevadores juntos. No contaba con control central, cada dígito marcado operaba un interruptor diferente y cada interruptor podía manejar sólo una llamada cada vez. Este sistema es mejor conocido como de "paso a paso", lo cual es una buena descripción de su funcionamiento.

Los conmutadores de barras cruzadas fueron inventados por ingenieros suizos en los años 30's, como una mejora de los conmutadores Strowger's. En el conmutador de barras cruzadas, cada relevador puede manejar un número de llamadas y todos los dígitos marcados eran almacenados en un registro de direccionamiento de algún tipo, antes de que el equipo lo leyera. Las barras cruzadas funcionaban como una forma de control central, al fin también era un sistema electromecánico.

Los diseños modernos evolucionaron a partir de los conmutadores de barras cruzadas. Primero, los mismos interruptores fueron miniaturizados —inicialmente por el uso de relevadores tubulares y después por el empleo de dispositivos de estado sólido. Segundo, el área de control ha sido progresivamente convertida al estado sólido, donde los controles modernos son muy similares a, y muy seguidos son, una computadora digital. Esta combinación representa la moderna conmutación telefónica electrónica. Su evolución tiene que ver mucho con la disponibilidad de tecnología.

El siguiente paso en esta evolución es la conversión de los propios conmutadores a tecnología digital. Esto representó el arribo de la moderna conmutación digital. Una de las características más básicas de un PBX es el ruteo automático de llamadas. Hay dos tipos de ruteo de llamadas: ruteo de llamadas entrantes y salientes. Las llamadas entrantes son típicamente ruteadas a extensiones específicas, utilizando una tabla de ruteo interna. Estas también pueden ser desviadas, cuando están ocupadas o cuando no son contestadas, a otras extensiones o a un sistema adjunto, como un correo de voz.

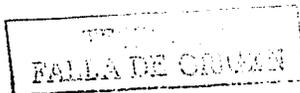
Las llamadas salientes pueden ser ruteadas basándose en los dígitos marcados, hora del día, o costo relativo de la llamada. Cuando un concentrador es empleado en la red privada (un PBX central conectando a todos los otros PBXs en la misma red corporativa) las llamadas de larga distancia pueden ser ruteadas sobre enlaces dedicados a el PBX concentrador donde una conexión es establecida sobre una troncal telefónica local. El precio para la llamada está basado entonces sobre el costo del concentrador a el número destino (a menudo una llamada local). Esta clase de ruteo puede ahorrar a la compañía miles de pesos en cargos de larga distancia y es una práctica común en grandes redes telefónicas corporativas. Se usan tablas de ruteo complejas para conseguir rutear todas las llamadas, tanto entrantes como salientes.

### 1.3. Redes telefónicas

Las tres principales categorías de conmutación, para circuitos de voz, son conmutación local (línea a línea), conmutación de tránsito (tándem) y distribución de llamadas. Al ser un servicio público cualquiera puede acceder al mismo y tener acceso, a través de él, a multitud de aplicaciones telemáticas o de otro tipo; su uso masivo y su desarrollo, gracias a la incorporación de técnicas digitales tanto en la transmisión como en la conmutación y en las propias terminales, hacen que esta red sea la más importante de todas cuantas existen, y no solo para las comunicaciones vocales, sino para transmisión de textos, datos o imágenes.

El objetivo básico de una central telefónica es establecer el enlace entre dos abonados —uno llamante y otro llamado— que desean establecer una comunicación; para ello debe disponer de los medios físicos, funciones y señalización necesarios para alcanzarlo con efectividad.

En toda central telefónica se distinguen dos tipos de enlaces, los de entrada/salida de otras centrales y los internos, necesarios para unir a los abonados de la misma central. Puesto que para conseguir la máxima eficacia el número de enlaces es inferior al de abonados, ya que no todos ellos los utilizan simultáneamente, es necesario considerar en los sistemas las llamadas "etapas de concentración y



expansión", así como otras de distribución para el mejor aprovechamiento de los órganos de la central.

### 1.3.1. Topologías

Tanto por el crecimiento del uso del teléfono, como por la necesidad de los usuarios de conexiones de larga distancia, fue necesaria la interconexión de áreas de servicio individual con troncales entre las centrales. Nuevamente se requirió interconectar estas centrales, creándose un segundo nivel de interconexión. Básicamente existen dos tipos de topologías para la interconexión de centrales telefónicas, dependiendo, como se verá más adelante, de varios factores.

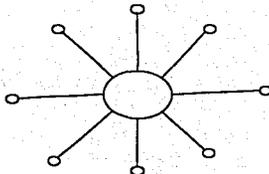
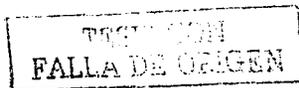


Figura 1.4 Topología en estrella

La topología en *estrella* (figura 1.4) se emplea principalmente en las centrales de menor nivel jerárquico, aquellas que tendrán directamente conectados a los usuarios, cada uno mediante un par de hilos; de esta manera se forma una estrella, donde el centro de la estrella lo constituye la central telefónica. Esta topología se puede dar también en los niveles jerárquicos mayores, sobre todo cuando se trata de redes muy grandes, cuando es muy costosa la interconexión de todos los nodos, cuando se requiere concentrar el tráfico en algunos nodos o para facilitar las funciones de ruteo y administración. Hay que tener muy en cuenta el hecho que sólo existe una ruta entre cada par de equipos que estén directamente conectados, por lo tanto, si esa ruta falla o se satura, no será posible enviar más tráfico a través de ella.

En los niveles jerárquicos más altos, donde las necesidades son diferentes, se puede presentar otra topología. En ocasiones, por cuestiones de redundancia o por que se requiere que todos los equipos estén interconectados, se forma una *mallá* (figura 1.5), en la cual la cantidad de enlaces necesarios es alta. En una red en *mallá* más conexiones pueden ser establecidas además de la ruta directa entre dos centrales. Aquí, si la ruta directa no está disponible (debido a exceso de tráfico o a una falla del equipo) y los equipos soportan conexiones troncal a troncal (llamadas funciones de conmutación *tándem*) la red en *mallá* puede proveer varias alternativas para establecer conexiones entre cualquier par de nodos.



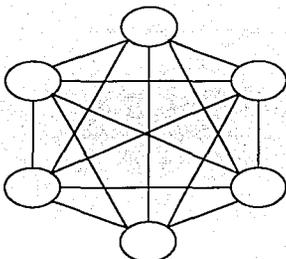


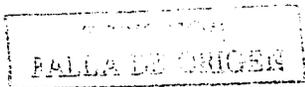
Figura 1.5 Topología en malla

La determinación de interconectar los equipos en estrella o malla debe obedecer a muchos factores, más que el puramente técnico, es necesario considerar las necesidades de los usuarios y las posibilidades económicas para ello; también hay que tomar en cuenta los requerimientos legales, debido a que existen regulaciones al respecto que hay que cumplir. No se puede hacer tendido de cables o fibras, por lugares públicos, sin autorización gubernamental.

### Estructura jerárquica

El gran número de usuarios y el alto tráfico que una red telefónica ha de soportar, hace que sea necesario agruparlos por áreas geográficas y hacerlos depender de varias centrales de conmutación que tengan acceso entre sí o a través de otras. Así, aparece el concepto de "jerarquía"; dado que el número máximo de usuarios que una central admite es limitado, mayor o menor, dependiendo de su categoría, es necesario, una vez que éste se supera, el concurso de más centrales de conmutación para atenderlos, y cuando el de estas centrales es alto, se necesitan a su vez de otras centrales de mayor nivel para gobernar la comunicación entre ellas.

En una red jerárquica (figura 1.6) se pueden dar varios niveles, pero cada central de un nivel, depende solamente de otra de nivel superior, aunque la tendencia es a conectar a más de una por razones de seguridad, asegurándose así el establecimiento de rutas entre usuarios del servicio telefónico. Para resolver el problema de interconexión entre centrales que tienen el mismo nivel, con objeto de no tener que escalar toda la estructura para establecer una comunicación entre usuarios que pertenecen a centrales diferentes, se utilizan enlaces que constituyen lo que se llama red complementaria; ésta a veces se usa también para establecer los enlaces entre centrales separadas por dos o más grados de jerarquía.



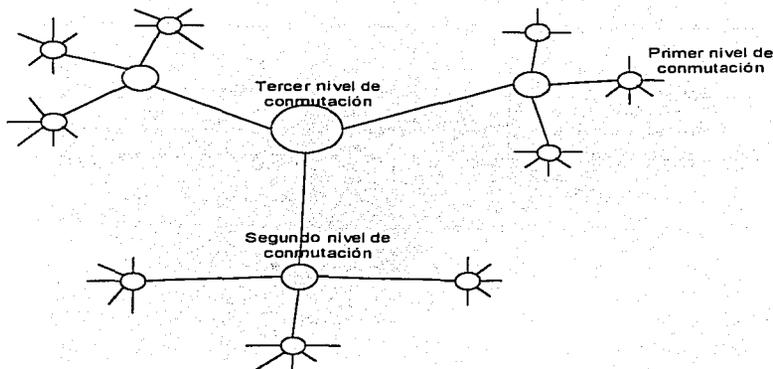


Figura 1.6 Estructura de conmutación jerárquica de tres niveles

Ya que el diseño de una red pretende conseguir el máximo ahorro en equipos y medios de transmisión, éste se realiza teniendo en cuenta que el número de llamadas simultáneas es menor que el de usuarios, existiendo una probabilidad pequeña, de que al querer establecer una comunicación el sistema esté ocupado y haya que esperar cierto tiempo hasta que ello sea posible. El conocimiento del tráfico cursado y el tiempo medio de ocupación por llamada son factores a tener en consideración para el dimensionamiento correcto de la red.

De acuerdo a la distribución geográfica tenemos tres tipos de redes, las llamadas "urbanas" o de corta distancia, las interurbanas o de larga distancia nacional, y las "internacionales".

#### **Redes telefónicas urbanas**

Dentro de éstas se engloban los circuitos de abonado y los de enlace entre centrales locales, para transmisión en banda base o baja frecuencia. Normalmente están constituidos por pares de conductores que, al agruparse, forman el llamado "cable de pares", que puede contener hasta varios cientos de ellos, configurados en simétrico y en cuadretes, para una menor interferencia de unos sobre otros. Estas representan la jerarquía inferior y son las que existen en mayor número.

#### **Redes telefónicas interurbanas**

Ésta es la encargada de proporcionar los enlaces entre centrales localizadas en diferentes ciudades; ello hace que las distancias sean mayores y se deban utilizar cables de distintas características a los antes mencionados, con menores pérdidas

y una respuesta plana que se consigue de dos formas diferentes: una, cargando (es lo que se denomina "pupinizar") los cables de pares, es decir insertando cada 1830 metros una bobina de carga, que reduce la atenuación, y la mantiene casi constante, pero también el ancho de banda al disminuir la frecuencia de corte, aumentando ligeramente el tiempo de propagación (ver figura 1.7); y otra, empleando otros medios distintos de los cables de pares, tales como el cable coaxial, fibra óptica, radio enlaces, etc.; todos ellos con una mayor capacidad de transmisión y una mayor fiabilidad.

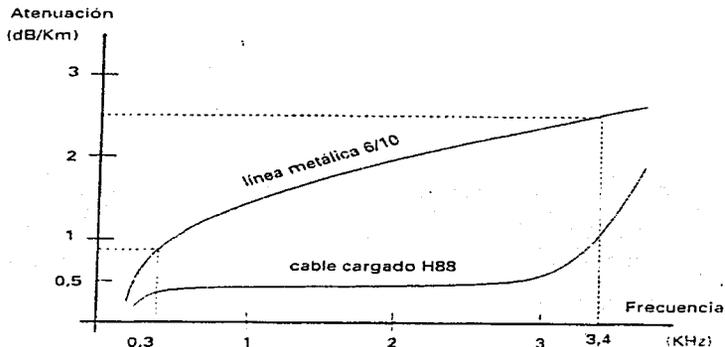


Figura 1.7 Por medio de la introducción de una inductancia (carga) en el circuito se consigue una curva de respuesta mas plana, aunque se introduce una cierta atenuación.

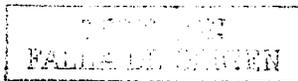
### Redes telefónicas internacionales

Para dar curso al tráfico entre diferentes países se necesita de la interconexión de las centrales internacionales, encargadas de encaminar el mismo. Ésta se realiza mediante enlaces de alta capacidad (varios miles de circuitos full-dúplex) y fiabilidad, constituidos fundamentalmente por enlaces terrestres, submarinos o vía satélite, repartiéndose al menos entre dos de ellos por motivos de seguridad. Los canales empleados son de tipo analógico (FDM) o digitales (TDM).

### 1.3.2. Redes públicas y privadas

#### 1.3.2.1. Redes telefónicas públicas

La red telefónica conmutada pública (PSTN: Public Switched Telephone Network) ha estado evolucionando desde que Alexander Graham Bell hizo la primera transmisión de voz sobre un alambre en 1876. Básicamente, una persona descuelga el teléfono y otra persona va al otro extremo (en este caso no se involucra timbrado alguno).



Al paso del tiempo, este diseño simple evolucionó de una transmisión de voz de un solo sentido, en el cual sólo uno de los usuarios podía hablar a la vez, a un sistema de transmisión de voz bidireccional, donde ambos usuarios pueden hablar. Llevar la voz a través del alambre requería un micrófono de carbón, una batería, un electromagneto y un diafragma de metal. También se requería un alambre físico entre cada localidad a la que el usuario deseaba llamar. El concepto de marcar un número, para alcanzar un destino, no existía en ese momento.

El poner un cable entre el usuario y cada lugar donde desee comunicarse no era rentable ni realizable. Esto implicaba alambrar una red en malla, donde todos los teléfonos tuvieran una línea directa física con cada uno de los otros usuarios. De modo que, para determinar la cantidad de enlaces son necesarios para comunicar a diez usuarios, se aplica la siguiente ecuación:  $N \times (N - 1)/2$ , de modo que se requerirían 45 pares de hilos en total.

Debido al alto costo que representa y a la imposibilidad de tender un par de hilos entre cualquiera de la Tierra que quiera acceso a un teléfono, otro mecanismo fue desarrollado que permitiera mapear un teléfono con cualquier otro teléfono. Con este dispositivo, llamado Switch o conmutador, el usuario telefónico necesita sólo un cable hacia la central telefónica.

Al principio era un operador de carne y hueso quien preguntaba al usuario con quien deseaba comunicarse y realizaba esta conexión manualmente.

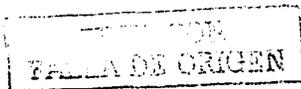
Posteriormente se desarrollaron equipos que realizaban esta labor de una manera más eficiente, rápida, confiable y, sobre todo, privada.

### **1.3.2.2. Redes telefónicas privadas**

Una red privada es una red que emplea privadamente su propio equipo y no provee el acceso público a la red. Por ejemplo, una corporación grande deseará tener su propia red telefónica. Quien desee llamar del exterior hacia el interior de esta red deberá de marcar un número telefónico completo. Los usuarios del interior pueden marcar números abreviados, conocidos como números de extensión. Todos los usuarios de esta red están conectados al mismo conmutador telefónico o a una serie de conmutadores interconectados a través de facilidades especiales.

Los conmutadores telefónicos empleados en las redes privadas operan como centrales. Estos proveen todas las funciones necesarias, así como otras no disponibles en las centrales públicas. El propósito de emplear conmutadores privados es consolidar las troncales telefónicas. Mejor que tener un circuito por separado para cada teléfono en la red, se conecta un grupo de circuitos al conmutador, y los usuarios que llaman hacia el exterior de la red son conectados a cualquier circuito disponible sobre una base de "como se requiera".

Por ejemplo, una compañía con 300 teléfonos necesitaría 300 líneas telefónicas de la central pública. Si tienen su propio conmutador, ellos podrían requerir sólo 10 circuitos telefónicos, dependiendo de la cantidad de tráfico entrante y saliente del conmutador (determinado mediante estudios de tráfico). De esta manera se comparten recursos entre un mayor número de usuarios. Cuando el mayor tráfico telefónico es desde un número del corporativo hacia otro del mismo corporativo, se evita la salida hacia la red pública y se brinda el servicio con el equipo propio.



de esta manera se les puede brindar a los usuarios servicios de valor agregado de manera gratuita y generalizada que incrementan su comodidad y productividad.

Si se cuenta con una serie de equipos interconectados, entre estos equipos habrán enlaces dedicados que deberán de ser instalados con cargo a la compañía propietaria de la red, el mantenimiento en operación y administración de estos también deberá costearlo la compañía propietaria.

Al decir compañía, nos referimos a cualquier organización pública o privada, no importando la actividad a la que se dedique, ya sea la producción de bienes, la educación, la extracción de petróleo, la venta de automóviles, o cualquier otra que, debido a sus necesidades de comunicación ha determinado que es más conveniente para el desempeño de sus funciones el contar con una red telefónica que le pertenezca y le proporcione aquella gama de servicios que, o bien no los puede proporcionar la red pública o son muy caros y que, sin embargo, representan una herramienta útil para el desempeño de sus actividades y el logro de sus objetivos

Ahora bien, esto implica que la compañía deberá cubrir los costos generados por el mantenimiento preventivo y correctivo que requieran estos equipos, así como mantener al personal necesario para administrar y operar dicho equipo.

Las ventajas y desventajas que representa contar con una red telefónica privada deben ser sopesadas y analizadas a fondo, para poder determinar primero si es realmente conveniente contar con ella, o tiene una mayor costo-beneficio rentar las líneas telefónicas necesarias a la red pública.

#### 1.4. Digitalización de la voz

Ahora bien, para que la voz humana pueda ser enviada desde un teléfono a otro, que puede estar a unos cuantos metros o a varios cientos o miles de kilómetros, es necesario realizar un proceso mediante el cual se convierte la energía acústica de la voz a energía eléctrica. Debido a que la casi totalidad de conmutadores o centrales telefónicas son digitales, es necesario que la voz, que es una señal de tipo analógico, sea transformada en una señal digital.

A este procedimiento se le conoce como PCM (Pulse Code Modulation: Modulación por Codificación de Pulsos).

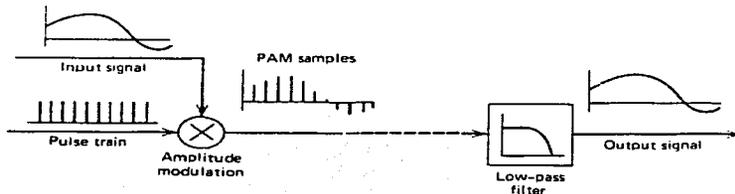


Figura 1.8 Modulación por amplitud de pulsos (PAM Pulse Amplitud Modulation)



El primer paso para la digitalización de una señal analógica es establecer un grupo de tiempos discretos a los cuales a la señal analógica le será hecho un muestreo. Se busca que estas usen tiempos de muestreo periódicos y espaciados regularmente. Si las muestras son tomadas lo suficientemente continuas, la forma de onda original puede ser recuperada completamente de la secuencia de muestreo y utilizando un filtro paso bajas e interpolando entre los valores de las muestras. A las muestras tomadas se les conoce como muestras PAM (Pulse Amplitude Modulation: Modulación por Amplitud de Pulsos). Este concepto básico es mostrado en la figura 1.8.

Un resultado clásico en sistemas de muestreo fue establecido en 1933 por Harry Nyquist, cuando él derivó la frecuencia de muestreo mínima requerida para recuperar toda la información de una forma de onda continua y variante en el tiempo. El resultado, el teorema de Nyquist, está definido por la relación:

$$f_s > 2BW$$

donde:  $f_s$  = frecuencia de muestreo  
 $BW$  = ancho de banda de la señal de entrada

PCM es una ampliación de la PAM donde cada muestra de la señal analógica es cuantizada en un valor discreto para representarlo con una palabra de código digital. Esto, como se muestra en la figura 1.8, un sistema PAM puede ser convertido en un sistema PCM añadiéndole un convertidor analógico-digital en el origen y un convertidor digital-analógico en el destino. Todos los valores de las muestras que caen en un particular intervalo de cuantización son representados por un valor discreto localizado en el centro del intervalo. De esta manera, el proceso de cuantización introduce un cierto monto de error o distorsión en las señales muestreadas. Este error, conocido como ruido de cuantización, es minimizado estableciendo un gran número de pequeños intervalos de cuantización. Por supuesto, al incrementar el número de intervalos de cuantización, se necesita incrementar el número de bits necesarios para identificar los intervalos de cuantización. Errores sucesivos de cuantización de un codificador PCM son generalmente asumidos que son distribuidos de forma aleatoria y que no están correlacionados unos con otros. Por esto, el efecto acumulado del error de cuantización puede ser tratado como ruido acumulativo con un efecto subjetivo que es similar al ruido blanco.

Los codificadores PCM de alta calidad producen errores de cuantización que son eventualmente distribuidos en las frecuencias de voz e independiente de la forma de onda codificada.

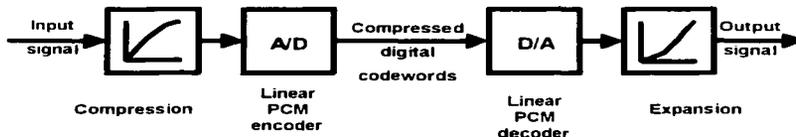
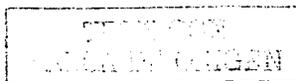


Figura 1.9 Compansión PCM con compresión y expansión analógicas



Un codificador que usa intervalos de cuantización iguales para toda las muestras produce palabras de código relacionadas linealmente a las muestras analógicas obtenidas. Un procedimiento de codificación más eficiente es logrado si los intervalos de cuantización no son uniformes pero permiten variarse con el valor de la muestra. Cuando los intervalos de cuantización no son uniformes, una relación no lineal existe entre las palabras de código y las muestras que estas representan. El proceso básico es mostrado en la figura, donde la muestra analógica de entrada es primeramente comprimida y entonces cuantizada con intervalos uniformes. El efecto de la operación de compresión es mostrado en la figura siguiente:

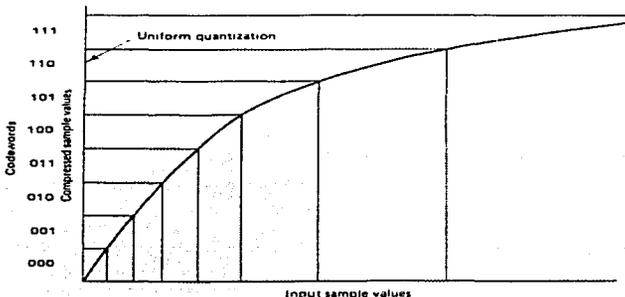


Figura 1.10 Característica de compresión típica

Hay que notar que intervalos de entrada sucesivos son comprimidos en intervalos de cuantización de longitud constante. Como se mostró en una figura 1.10, un decodificador PCM no uniforme expande el valor comprimido usando una característica de compresión inversa para recuperar el valor de la muestra original. El proceso de primero comprimir y después expandir una señal se conoce como "companding" o compansión. Cuando se digitaliza, la compansión asigna intervalos de cuantización pequeños a muestras pequeñas e intervalos de cuantización grandes a muestras grandes. Se emplean ocho bits para codificar cada muestra, y, debido a que se obtienen 8000 muestras cada segundo, tenemos que el codificador genera un total de 64.000 bits por cada segundo que codifica la señal analógica; el flujo de canal de 64 kbps ha sido retenido como un estándar. La característica de compansión recomendada por la CCITT para Europa y para el resto del mundo (aquellos países como Estados Unidos y Japón que no emplean la ley  $\mu$ ) es conocida como ley A. Esta característica tiene las mismas prestaciones básicas y ventajas de implementación como la ley  $\mu$ .

### **1.5. Medios de transmisión**

El propósito de la capa física, de acuerdo al modelo OSI de referencia, es transportar una corriente de bits en bruto de una máquina a otra. Se pueden usar varios medios físicos para la transmisión real; cada uno con su propio nicho en términos de ancho de banda, retardo, costo y facilidad de instalación y mantenimiento. A grandes rasgos, los medios se agrupan en medios guiados, como el cable de cobre y la fibra óptica, y medios no guiados, como la radio y los láseres a través del aire.

#### **1.5.1. Medios de transmisión guiados**

##### **Par trenzado**

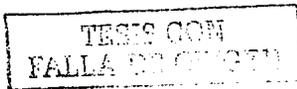
Para muchas aplicaciones se necesita una conexión en línea. El medio de transmisión más viejo y todavía el más común es el par trenzado: consiste en dos alambres de cobre aislados, por lo regular de 1 mm de grueso. Los alambres se trenzan en forma helicoidal, igual que una molécula de ADN. El propósito de torcer los alambres es reducir la interferencia electromagnética de pares similares cercanos. (Dos alambres paralelos constituyen una antena; un par trenzado no).

La aplicación más común del par trenzado es en el sistema telefónico. Casi todos los teléfonos se conectan a la central telefónica por un par trenzado. Cuando muchos pares entrelazados corren distancias sustanciales en paralelo, como los cables que van de un edificio de departamentos a la central telefónica, se atan en un haz y se forran con una funda que los protege.

Los pares trenzados se pueden usar tanto para transmisión analógica como digital. El ancho de banda depende del grosor del cable y la distancia, pero en muchos casos se pueden lograr varios megabits/segundo durante algunos kilómetros. Los pares entrelazados se usan ampliamente debido a su rendimiento adecuado y a su bajo costo, y no parece que esto vaya a cambiar durante algunos años.

El cableado de par trenzado tiene algunas variaciones, dos de las cuales son importantes para las redes de computadoras. Los de la categoría 3 consisten en dos hilos aislados que se trenzan de manera delicada. Cuatro de estos pares se agrupan por lo regular en una funda de plástico para su protección y para mantener juntos los ocho hilos. Antes de alrededor de 1988, la mayor parte de los edificios de oficinas tenían un cable de categoría 3 en cada oficina que salía de un gabinete de cableado central en cada piso. Este esquema permitía conectar hasta cuatro teléfonos ordinarios o dos teléfonos de multi línea en cada oficina al equipo de la compañía telefónica en el gabinete del cableado.

Alrededor de 1988 se comenzaron a introducir los pares trenzados mas avanzados de la categoría 5; son similares a los de la categoría 3, pero con más vueltas por centímetro y con aislamiento de teflón, lo cual produce menor diafonía y una señal de mejor calidad a distancias más largas, lo que los hace más adecuados para la comunicación de computadoras a alta velocidad. Ambos tipos de cableado reciben el nombre de UTP (Unshielded Twisted Pair, par trenzado sin blindaje), en contraste con los voluminosos y costosos cables de par trenzado blindado que IBM introdujo a principios de la década de 1980, pero que nunca se popularizaron fuera de las instalaciones de IBM.



### Cable coaxial de banda base

Otro medio de transmisión común es el cable coaxial. Este cable tiene mejor blindaje que el par trenzado, así que puede abarcar tramos más largos a velocidades mayores. Son dos las clases de cable coaxial más utilizadas. Una clase, el cable de 50 ohms, se usa comúnmente para transmisión digital. La otra clase, el cable de 75 ohms, se usa comúnmente para la transmisión analógica. Esta distinción se basa en factores históricos y no técnicos.

Un cable coaxial consiste en un alambre de cobre rígido como núcleo, rodeado por un material aislante. El aislante está forrado con un conductor cilíndrico, que con frecuencia es una malla de tejido fuertemente trenzado. El conductor externo se cubre con una envoltura protectora de plástico. En la figura 1.11 se muestra una vista en corte por capas de un cable coaxial.

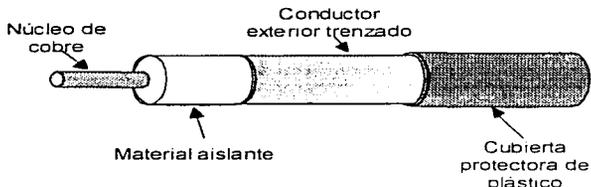
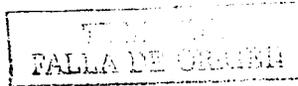


Figura 1.11 Cable coaxial

La construcción y el blindaje del cable coaxial le confieren una buena combinación de elevado ancho de banda y excelente inmunidad al ruido. El ancho de banda posible depende de la longitud del cable. En cables de 1 km es factible una velocidad de datos de 1 a 2 Gbps. También se pueden usar cables más largos, pero a velocidades de datos más bajas o con amplificadores periódicos. Los cables coaxiales solían usarse ampliamente en el sistema telefónico, pero ahora se les ha reemplazado en gran medida por fibra óptica en rutas de largo recorrido. Tan sólo en Estados Unidos se instalan a diario 1000 km de fibra (si se cuenta como 1000 km un haz de 100 km con 10 ramales de fibra). Sprint ya es 100 de fibra, y las otras portadoras principales se acercan muy rápido a esa cifra. Sin embargo, el cable coaxial todavía se utiliza ampliamente para la televisión por cable y algunas redes de área local.

### Cable coaxial de banda ancha

El otro tipo de sistema de cable coaxial transporta transmisión analógica en el cableado estándar de la televisión por cable: se le llama de banda ancha. Aunque el término "banda ancha" viene del mundo de la telefonía, donde se refiere a cualquier cosa más ancha que 4 kHz, en el mundo de las redes de computadoras "cable de banda ancha" significa cualquier red de cable que utilice transmisión analógica, véase (Cooper, 1986).



Puesto que las redes de banda ancha emplean tecnología estándar de la televisión por cable, los cables se pueden usar hasta 300 MHz (y con frecuencia hasta 450 MHz) y pueden extenderse distancias de cerca de 100 km gracias a la señalización analógica, que es mucho menos crítica que la digital. Para transmitir señales digitales por una red analógica, cada interfaz debe contener circuitos electrónicos para convertir la corriente de bits saliente en una señal analógica y la señal analógica entrante en una corriente de bits. Dependiendo del tipo de estos circuitos, 1 bps puede ocupar aproximadamente 1 Hz de ancho de banda. A frecuencias más altas pueden transmitirse muchos bits por Hz si se emplean técnicas de modulación avanzadas.

Los sistemas de banda ancha se dividen en múltiples canales, con frecuencia los canales de 6 MHz que se usan para la difusión de televisión. Cada canal puede servir para televisión analógica, audio de calidad de disco compacto (1.4 Mbps), o una corriente digital de bits independiente de las otras, digamos a 3 Mbps. La televisión y los datos se pueden mezclar en un cable.

Una diferencia clave entre la banda base y la banda ancha es que los sistemas de banda ancha normalmente cubren un área mayor y, por tanto, necesitan amplificadores analógicos para reforzar la señal en forma periódica. Estos amplificadores solamente pueden transmitir señales en una dirección, de modo que una computadora que esté enviando un paquete no será capaz de comunicarse con una computadora situada "corriente arriba" de ella si entre ellas hay un amplificador. Para superar este problema se han desarrollado dos tipos de sistemas de banda ancha: sistemas de cable dual y de cable sencillo.

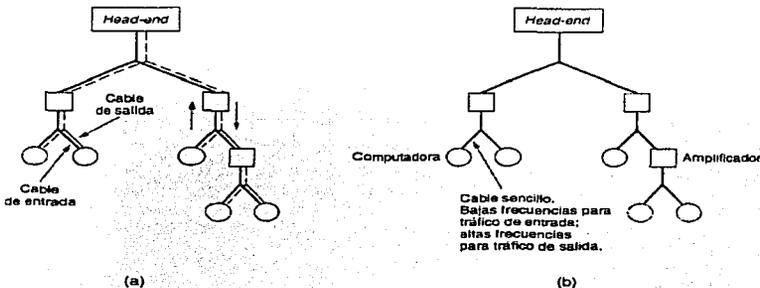


Figura 1.12 Redes de banda ancha. (a) Cable dual. (b) Cable sencillo.

Los sistemas de cable dual tienen dos cables idénticos que corren en paralelo, uno junto al otro. Para transmitir datos, la computadora envía los datos por el cable 1, que conduce a un dispositivo llamado head-end en la raíz del árbol de cables. A continuación, el head-end transfiere la señal al cable 2 para transmitirla

de regreso por el árbol. Todas las computadoras transmiten por el cable 1 y reciben por el cable 2. En la figura 1.12(a) se muestra un sistema de cable dual. El otro esquema asigna diferentes bandas de frecuencia para comunicación entrante y saliente en un cable sencillo [véase la figura 1.12(b)]. La banda de frecuencia baja se usa para la comunicación de las computadoras al head-end, el cual cambia después la señal a la banda de alta frecuencia y la vuelve a difundir. En el sistema subdividido las frecuencias de 5 a 30 MHz se usan para el tráfico entrante y las frecuencias de 40 a 300 MHz se usan para el tráfico saliente.

### **Fibra óptica**

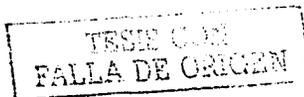
Mucha gente en la industria de la computación siente un orgullo enorme por la rapidez con que está mejorando la tecnología de las computadoras. En la década de 1970, una computadora rápida (por ejemplo, la CDC 6600) podía ejecutar una instrucción en 100 nseg. Veinte años después, una computadora Cray rápida podía ejecutar una instrucción en 1 nseg, un factor de mejora de 10 por década. No está tan mal.

En el mismo periodo, la comunicación de datos pasó de 56 kbps (la ARPANET) a 1 Gbps (la comunicación óptica moderna), un factor de ganancia de más de 100 por década, mientras que la tasa de errores se redujo de  $10^{-5}$  por bit a casi cero.

Más todavía, las CPU individuales están empezando a acercarse a los límites físicos, como la velocidad de la luz y los problemas de disipación de calor. En contraste, con la tecnología actual de fibras, el ancho de banda asequible ciertamente excede los 50,000 Gbps (50 Tbps) y muchos investigadores se están esforzando por encontrar mejores materiales. El límite práctico de señalización actual de cerca de 1 Gbps se debe a nuestra incapacidad para convertir con mayor rapidez las señales eléctricas a ópticas. En el laboratorio, es factible obtener 100 Gbps en transmisiones cortas. Faltan pocos años para que se pueda alcanzar una velocidad de 1 Terabit/s. Los sistemas totalmente ópticos, que incluyen entradas y salidas ópticas de la computadora, están al alcance.

En la carrera entre las computadoras y la comunicación, ganó la comunicación. La actual generación de científicos e ingenieros de computadoras enseñados a pensar en términos de los bajos límites de Nyquist y Shannon impuestos por el alambre de cobre todavía no ha comprendido todas las implicaciones del ancho de banda prácticamente infinito (aunque no sin costo). El nuevo acuerdo convencional debería ser que todas las computadoras son irremediablemente lentas y que las redes deben tratar de evitar la computación a toda costa, sin importar qué tanto ancho de banda se desperdicie con eso. Estudiaremos la óptica de fibras en esta sección para ver cómo funciona esa tecnología de transmisión.

Un sistema de transmisión óptico tiene tres componentes: la fuente de luz, el medio transmisor y el detector. Convencionalmente, un pulso de luz indica un bit 1 y la ausencia de luz indica un bit 0. El medio de transmisión es una fibra de vidrio ultradelgada. El detector genera un pulso eléctrico cuando la luz incide en él. Al conectar una fuente de luz en un extremo de una fibra óptica y un detector en el otro, tenemos un sistema de transmisión de datos unidireccional que acepta una señal eléctrica, la convierte y la transmite por pulsos de luz, y después reconvierte la salida a una señal eléctrica en el extremo receptor.



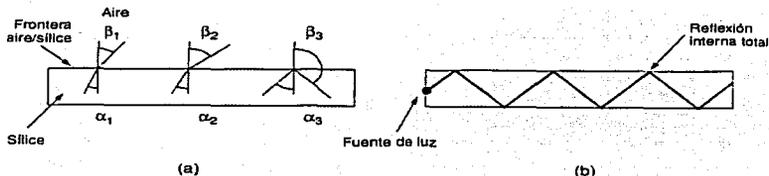


Figura 1.13 a) Tres ejemplos de rayo de luz procedente del interior de una fibra de sílice que incide sobre la frontera aire/silice con diferentes ángulos. b) Luz atrapada por la reflexión interna total.

Este sistema de transmisión tendría fugas de luz y sería inútil en la práctica excepto por un principio interesante de la física. Cuando un rayo de luz pasa de un medio a otro, por ejemplo de sílice fundida al aire, el rayo se refracta (se dobla) en la frontera de la sílice y el aire, como se muestra en la figura 1.13. Vemos aquí que un rayo de luz que incide en la frontera con un ángulo  $\beta_1$ , emerge con un ángulo  $\beta_2$ . El grado de refracción depende de las propiedades de los dos medios (en particular, de sus índices de refracción). Para ángulos de incidencia por encima de cierto valor crítico, la luz se refracta de regreso a la sílice: ninguna función escapa hacia el aire. Así, un rayo incidente con un ángulo igual o mayor que el crítico queda atrapado dentro de la fibra, según se muestra en la figura 1.13, y se puede propagar por muchos kilómetros virtualmente sin pérdidas.

El diagrama de la figura 1.13 únicamente muestra un rayo atrapado, pero puesto que cualquier rayo de luz que incida en la frontera con un ángulo mayor que el crítico se reflejará interna-mente, muchos rayos estarán rebotando dentro de la sílice con ángulos diferentes. Se dice que cada rayo tiene un modo diferente, y una fibra que tiene esta propiedad se denomina fibra multimodo.

Por otro lado, si se reduce el diámetro de la fibra a unas cuantas longitudes de onda de la luz la fibra actúa como una guía de ondas y la luz se puede propagar sólo en línea recta, sin rebotar obteniéndose una fibra de modo único. Las fibras de modo único son más caras pero se pueden utilizar en distancias más grandes. Las fibras de modo único disponibles en la actualidad pueden transmitir datos a varios Gbps a una distancia de 30 km. En el laboratorio se han logrado velocidades de datos todavía mayores a distancias más cortas. Los experimentos han demostrado que los láseres potentes pueden impulsar una señal por una fibra a 100 km sin repetidoras aunque a velocidades más bajas. Las investigaciones sobre fibras contaminadas con erbio prometen alcances todavía mayores sin repetidoras.

### Transmisión de la luz a través de fibras

Las fibras ópticas se hacen de vidrio, que a su vez se fabrica con arena, una materia prima de bajo costo disponible en cantidades ilimitadas. La fabricación del vidrio era conocida por los antiguos egipcios, pero su vidrio no podía ser mayor de

1 mm de grueso para que la luz lograra atravesarlo. Durante el Renacimiento se desarrolló un vidrio lo bastante transparente como para ser útil en las ventanas. El vidrio que se utiliza en las fibras ópticas modernas es tan transparente que si los océanos estuvieran llenos de él en lugar de agua el lecho marino sería tan visible desde la superficie como en un día claro lo es el suelo desde un avión. La atenuación de la luz dentro del vidrio depende de la longitud de onda de la luz. En la figura 1.14 se muestra la atenuación para la clase de vidrio que se usa en las fibras, en decibelios por kilómetro lineal de fibra. La atenuación en decibelios está dada por la fórmula:

$$\text{Atenuación en decibelios} = 10 \log \frac{\text{poder transmitido}}{\text{poder recibido}}$$

Por ejemplo, un factor de pérdida de dos da una atenuación de  $10 \log_{10} 2 = 3 \text{ dB}$ . La figura muestra la parte cercana al infrarrojo del espectro, que es la que se usa en la práctica. La luz visible tiene longitudes de onda ligeramente más cortas, de 0.4 a 0.7 micras (1 micra =  $10^{-6}$  metros). Para las comunicaciones se utilizan tres bandas de longitud de onda, las cuales se centran respectivamente en 0.85, 1.30 y 1.55 micras. Las últimas dos tienen buenas propiedades de atenuación (una pérdida de menos del 5 por kilómetro). La banda de 0.85 micras tiene una atenuación más alta pero la propiedad conveniente de que a esa longitud de onda los láseres y los componentes electrónicos se pueden fabricar con el mismo material (arseniuro de galio). Las tres bandas tienen una anchura de entre 25.000 y 30.000 GHz.

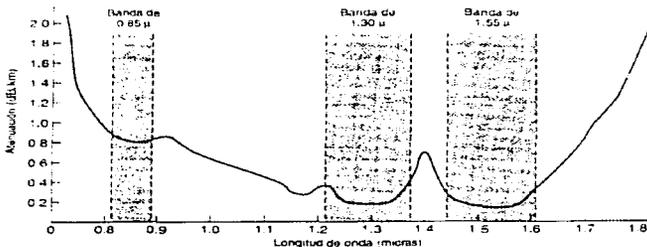


Figura 1.14 Atenuación de la luz dentro de una fibra en la región de infrarrojo

La longitud de los pulsos de luz transmitidos por una fibra aumenta conforme se propagan. Este fenómeno se llama dispersión, y su magnitud depende de la longitud de onda. Una forma de evitar que se encimen los pulsos dispersos es incrementar la distancia entre ellos, pero esto solamente se puede hacer



reduciendo la velocidad de emisión de las señales. Por fortuna, se ha descubierto que al dar a los pulsos cierta forma especial relacionada con el recíproco del coseno hiperbólico, todos los efectos de la dispersión se cancelan y puede ser posible enviar pulsos a miles de kilómetros sin una distorsión apreciable de la forma. Estos pulsos se llaman solitones. Se está realizando una cantidad considerable de investigaciones para llevar a la práctica las soluciones obtenidas en el laboratorio.

### Cables de fibras

Los cables de fibra óptica son similares a los coaxiales, excepto por el trenzado. La figura 1.15 muestra una fibra individual vista de lado. El núcleo de vidrio está al centro, y a través de él se propaga la luz. En las fibras multimodales el diámetro es de 50 micras, aproximadamente el grosor de un cabello humano. En las fibras de modo único (monomodo) el núcleo es de 8 a 10 micras. El núcleo está rodeado por un revestimiento de vidrio con un índice de refracción menor que el del núcleo, a fin de mantener toda la luz en el núcleo. A continuación viene una cubierta plástica delgada para proteger al revestimiento. Las fibras normalmente se agrupan en haces, protegidas por una funda exterior. Los haces de fibras terrestres por lo regular se colocan un metro debajo de la superficie, donde ocasionalmente están sujetos a ataques de azadones o picos. Cerca de la costa, los haces de fibras transoceánicos se entierran en zanjas con una especie de arado marino. En aguas profundas, simplemente descansan en el fondo, donde las redes de pesca por arrastre pueden tropezar con ellas o los tiburones pueden morderlas. Las fibras se pueden conectar de tres formas diferentes. Primera, pueden terminar en conectores e insertarse en enchufes de fibra. Los conectores pierden casi el 10 o 20% de la luz, pero facilitan la reconfiguración de los sistemas. Segunda, se pueden empalmar de manera mecánica. Los empalmes mecánicos acomodan dos extremos cortados con cuidado uno junto a otro en una manga especial y los sujetan en su lugar. Se puede mejorar la alineación haciendo pasar luz por la unión y efectuando pequeños ajustes para maximizar la señal. Los empalmes mecánicos toman al personal entrenado cerca de 5 minutos y resultan en una pérdida de luz del 10%.

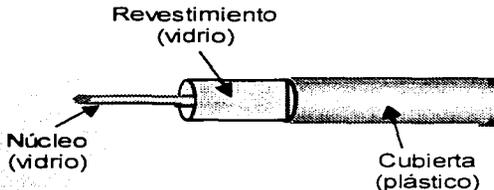


Figura 1.15 Fibra óptica

Tercera, se pueden fusionar (fundir) dos tramos de fibra para formar una conexión sólida. Un empalme por fusión es casi tan bueno como una fibra de hilado único.

Tercera, se pueden fusionar (fundir) dos tramos de fibra para formar una conexión sólida. Un empalme por fusión es casi tan bueno como una fibra de hilado único, pero aún aquí hay un poco de atenuación. Con los tres tipos de empalme pueden ocurrir reflejos en el punto del empalme, y la energía reflejada puede interferir la señal.

Se pueden utilizar dos clases de fuentes de luz para producir las señales. LED (diodo emisor de luz) y láseres semiconductores. Estas fuentes tienen propiedades diferentes, como se muestra en la figura 1.16.

El extremo receptor de una fibra óptica consiste en un fotodiodo que emite un pulso eléctrico cuando lo golpea la luz. El tiempo de respuesta normal de los fotodiodos es de 1 ns, lo que limita la velocidad de datos a cerca de 1 Gbps. El ruido térmico es otro inconveniente, por lo que un pulso de luz debe llevar energía suficiente para ser detectable. Si la potencia de los pulsos es suficiente, la relación de errores se puede hacer arbitrariamente pequeña.

Característica	LED	Láser
Velocidad de datos	Baja	Alta
Modo	Multimodo	Multimodo o monomodo
Distancia	Corta	Larga
Tiempo de vida	Larga	Corta
Sensibilidad a la temperatura	Baja	Considerable
Costo	Bajo	Elevado

Figura 1.16 Comparación de diodos semiconductores y Láser como fuentes de luz

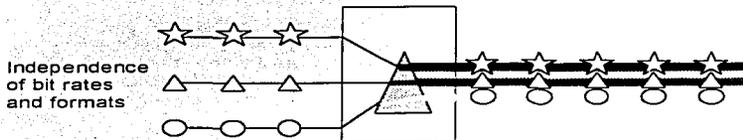
### DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing: Multiplexaje por División de Longitud de onda Densa)

DWDM combina múltiples señales ópticas para que estas puedan ser amplificadas como un grupo y transportadas sobre una sola fibra para incrementar su capacidad (ver figura 1.17). Cada señal transportada puede estar en un rango diferente (OC-3, -12, -24, etc.) y en un formato distinto (SONET, ATM, datos, etc.). Por ejemplo, una red DWDM con una mezcla de señales SONET operando a OC-48 (2.5 Gbps) y OC-192 (10 Gbps) sobre una infraestructura DWDM puede alcanzar capacidades de hasta 40 Gbps. Un sistema con DWDM puede alcanzar todo esto airesamente mientras mantiene el mismo grado de desempeño del sistema, confiabilidad y robustez como los sistemas de transporte actuales, o rebasándolos. Futuras terminales DWDM podrán transportar hasta 80 longitudes de onda de OC-48, un total de 200 Gbps, o hasta 40 longitudes de onda de OC-192, un total de 400 Gbps, que es suficiente capacidad para transmitir 90.000 volúmenes de una enciclopedia en un segundo.

La tecnología que permite estas altas velocidades y altos volúmenes de transmisión está en el amplificador óptico. Los amplificadores ópticos operan en una banda específica del espectro de frecuencias y está optimizado para operar con las fibras existentes, haciendo posible ayudar a la señal de luz y, por lo tanto, extender su alcance sin convertirla de nuevo a la forma eléctrica. Demostraciones que han sido hechas de amplificadores de fibra óptica de banda ultra ancha que pueden ayudar a las señales de longitud de onda a transportar hasta 100 canales



(o longitudes de onda) de luz. Una red usando tal amplificador podría fácilmente manejar un Terabit de información. A estos rangos, debería ser posible transmitir todos los canales del mundo a un tiempo o cerca de medio millón de películas al mismo tiempo.



- Merges optical traffic onto one common fiber
- Allows high flexibility in expanding bandwidth
- Reduces costly mux/demux functions, reuses *existing* optical signals
- Individual channels use original OAM&P

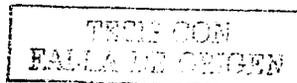
Figura 1.17 Incremento de la capacidad de la red - DWDM

Considérese una analogía con una autopista donde una fibra puede ser, sin embargo, como una autopista de varios carriles. Los sistemas TDM tradicionales usan un solo carril de esta autopista e incrementan capacidad al moverse más rápido sobre este carril. En redes ópticas, utilizar DWDM es análogo a acceder a los carriles no usados en la autopista (incrementando el número de longitudes de ondas sobre la misma fibra) para ganar acceso a un monto impredecible de capacidad no explotada de la fibra. Un beneficio adicional es que esta autopista es transparente al tipo de tráfico que viaje en ella. Consecuentemente, puede transportar paquetes de ATM, SONET e IP.

Algunos analistas de la industria han declarado a DWDM como un ajuste perfecto para las redes que están tratando de encontrar la demanda para más ancho de banda. Sin embargo, estos expertos han indicado las condiciones para este ajuste: un sistema DWDM simplemente debe ser escalable. No obstante, el hecho de que un sistema de OC-48 conectado con 8 o 16 canales por fibra podría parecer excesivo ahora, tal medida será necesaria para que el sistema sea eficiente, aún dentro de dos años. Sistemas maduros de OC-192 pueden ser adicionados a la infraestructura DWDM establecida para expandir la capacidad a 40 Gbps o más.

### Conmutación óptica

Los carriers han adoptado a DWDM como un mecanismo para responder rápidamente a la necesidad de incrementar el ancho de banda, particularmente en los centros de larga distancia de la red. Muchos de estos carriers también han reconocido que esta infraestructura, basada en longitudes de onda, crea los fundamentos para la nueva generación de redes ópticas.



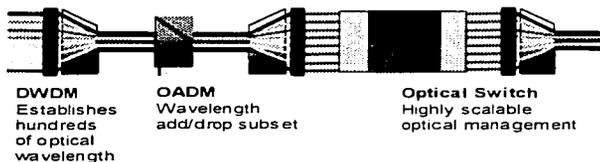


Figura 1.18 Elementos de redes ópticas

Esta nueva generación de redes debe cumplir las demandas de la nueva era de la información, la cual requiere que se le proporcione escalabilidad, flexibilidad y liberación dinámica de servicios de comunicación. El mejor paso es esta progresión es el desarrollo amplio de switches inteligentes de centro óptico.

Los switches inteligentes de centro óptico hacen converger las funciones de transporte, cross conexión de grandes anchos de banda y proveen comunicación centralizada de datos para una más eficiente distribución de un amplio rango de tipos de datos a través del centro de la red. Estos nuevos elementos de red están diseñados para acomodar mejor las únicas demandas de datos mientras soportan también otros servicios como voz y video. Los nuevos servicios soportarán la distribución global de nuevas aplicaciones de banda ancha, como imágenes médicas, películas por Internet, soporte interactivo a clientes y aplicaciones adicionales que aún no han sido descubiertas.

Como los carriers sopesan sus opciones, muchos han contemplado una evolución de la red consistente en switches inteligentes O-E-O (Óptico-Eléctrico-Óptico). Otros tienen sueños de enormes ahorros por eliminación de componentes electrónicos, resultando en un switch totalmente óptico O-O-O. Esta nueva generación de switches O-O-O son vistos como un componente integral de una red completamente óptica (AON: All Optical Network).

Una AON teórica es transportada, switchheada y administrada totalmente al nivel óptico. El objetivo es que una AON es rápida y menos cara que una red que usa partes electrónicas. Así que, el debate de O-O-O contra O-E-O ha evolucionado dentro de la cuestión de cómo interoperarán las dos tecnologías. La verdadera promesa de la red óptica, incluyendo flexibilidad desarrollada, administrabilidad, escalabilidad y la liberación dinámica de nuevos servicios son lo mejor cumplidos a través del desarrollo de switches O-E-O inteligentes combinados con la integración futura apropiada de conmutadores O-O-O.

Indiscutiblemente, la tecnología líder para el desarrollo de switches O-O-O, económicamente viables y escalables son los 3D micro-electromechanical systems (MEMS: Sistemas Micro-electromecánicos). Los 3D MEMS utilizan un mecanismo de control para inclinar espejos en múltiples direcciones (3ª dimensión).



OEO Core Optical Switch



All-Optical Switch

Figura 1.19 Dos tipos de switches ópticos.

Un switch óptico adiciona administrabilidad a un nodo DWDM que potencialmente podría crecer a cientos de canales. Un switch O-O-O mantiene la promesa de manejar esas señales de luz sin convertir las señales a eléctricas y de vuelta. Los MEMS actualmente ofrecen la mejor oportunidad de proveer una matriz de conmutación completamente óptica que pueda escalarse al tamaño necesario para soportar un nodo de red de comunicación global con múltiples fibras, cada una transportando cientos de longitudes de ondas.

#### Complementary features

#### Virtues

- Scales beyond 1000 X 1000 in single stage

#### Challenges

- Large number of mirrors with tight tolerance
- Control of mirrors

#### Require meticulous engineering

- Mirror-control algorithm
- Fiber arrays
- Lens Arrays
- Mechanical packaging

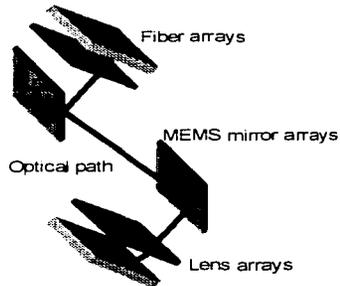


Figura 1.20 Conmutador óptico de espejos orientables.

### 1.5.2. Medios de transmisión no guiados

Nuestra era ha dado origen a adictos a la información: gente que necesita estar todo el tiempo en línea. Para estos usuarios móviles, los pares trenzados, los cables coaxiales y la fibra óptica no son útiles: necesitan obtener los datos para sus computadoras laptop, notebook, de bolsillo, de mano o de reloj de pulsera sin estar atados a la infraestructura de comunicaciones terrestres. Para estos usuarios, la respuesta es la comunicación inalámbrica en general, pues tiene muchas otras aplicaciones importantes además de proveer conectividad a los usuarios que quieren leer su correo electrónico en los aviones. Algunas personas, incluso, creen que en el futuro sólo habrá dos clases de comunicaciones de fibra e inalámbrica. Todos los aparatos fijos computadoras teléfonos, faxes y demás, se conectarán con fibra, todos los móviles usaran comunicación inalámbrica

### El espectro electromagnético

Cuando los electrones se mueven crean ondas electromagnéticas que se pueden propagar por el espacio libre (aún en el vacío). La cantidad de oscilaciones por segundo de una onda electromagnética es su frecuencia,  $f$ , y se mide en Hz (en honor de Heinrich Hertz). La distancia entre dos máximos (o mínimos) consecutivos se llama longitud de onda y se designa de forma universal con la letra griega  $\lambda$  (lambda).

Al conectarse una antena del tamaño apropiado a un circuito eléctrico, las ondas electromagnéticas se pueden difundir de manera eficiente y captarse por un receptor a cierta distancia. Toda la comunicación inalámbrica se basa en este principio.

En el vacío, todas las ondas electromagnéticas viajan a la misma velocidad, no importa cuál sea su frecuencia. Esta velocidad, usualmente llamada velocidad de la luz,  $c$ , es de aproximadamente  $3 \times 10^8$  m/seg. o de casi 30 cm por nanosegundo. En el cobre o en la fibra, la velocidad baja a casi 2/3 de este valor y se vuelve ligeramente dependiente de la frecuencia. La velocidad de la luz es el límite máximo de velocidad. Ningún objeto o señal puede llegar a ser más rápido que la luz.

La relación fundamental entre  $f$ ,  $\lambda$ , y  $c$  (en el vacío) es:

$$\lambda f = c$$

Puesto que  $c$  es una constante, si conocemos  $f$  podemos encontrar  $\lambda$ , y viceversa. Por ejemplo, las ondas de 1 Mhz tienen una longitud de alrededor de 300 m y las ondas de 1 cm tienen una frecuencia de 30 Ghz. En la figura 1.21 se muestra el espectro electromagnético.

Las porciones de radio, microondas, infrarrojo y luz visible del espectro pueden servir para transmitir información modulando la amplitud, la frecuencia o la fase de las ondas. La luz ultravioleta, los rayos X y los rayos gamma serían todavía mejores, debido a sus frecuencias más altas, pero son difíciles de producir y de modular, no se propagan bien entre edificios y son peligrosos para los seres vivos. Las bandas que se listan en la figura son los nombres oficiales de la UIT y se basan en las longitudes de onda, de modo que la banda LF va de 1 a 10 km (aproximadamente 30 a 300 khz). Los términos LF, MF y HF se refieren a las



frecuencias baja, media y alta, respectivamente. Queda claro que, cuando se asignaron los nombres, nadie esperaba rebasar los 10 Mhz, así que las bandas más altas se denominaron después bandas de muy alta, ultra, super, extremadamente y tremendamente alta frecuencia. Más allá de eso ya no hay nombres.

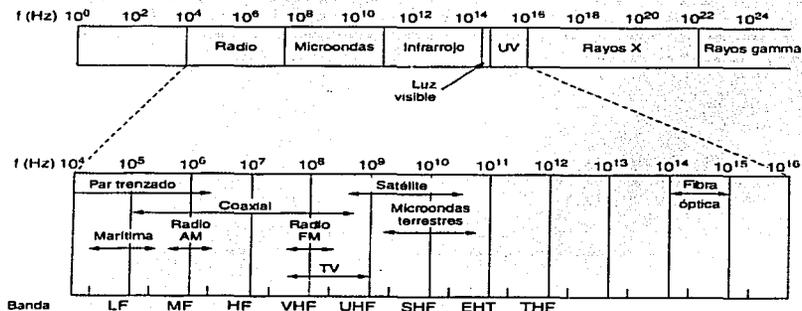


Figura 1.21 El espectro electromagnético y sus usos para comunicaciones

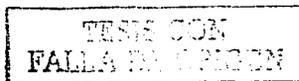
La cantidad de información que puede llevar una onda electromagnética se relaciona con su ancho de banda. Con la tecnología actual, es posible codificar unos cuantos bits por hertz a frecuencias bajas, pero a frecuencias altas el número puede llegar a 40 en ciertas condiciones, de modo que un cable con un ancho de banda de 500 Mhz puede transportar varios Gigabits/seg. La figura deja claro ahora por qué a la gente de redes le gusta tanto la fibra óptica.

Para prevenir el caos total, hay acuerdos nacionales e internacionales acerca de quién puede usar qué frecuencias. Puesto que todos quieren una velocidad de datos más alta, todos quieren más espectro. A escala mundial, una agencia de la ITU-R (WARC), se encarga de esto.

### Radiotransmisión

Las ondas de radio son fáciles de generar, pueden viajar a distancias largas y penetrar edificios sin problemas, de modo que se utilizan mucho en la comunicación, tanto en interiores como en exteriores. Las ondas de radio también son omnidireccionales, lo que significa que viajan en todas direcciones desde la fuente, por lo que el transmisor y el receptor no tienen que alinearse con cuidado físicamente.

Las propiedades de las ondas de radio dependen de la frecuencia. A bajas frecuencias, las ondas de radio cruzan bien los obstáculos, pero la potencia se reduce drásticamente con la distancia a la fuente. A frecuencias altas, las ondas



de radio tienden a viajar en línea recta y a rebotar en los obstáculos. También son absorbidas por la lluvia. En todas las frecuencias, las ondas de radio están sujetas a interferencia por los motores y otros equipos eléctricos.

Por la capacidad del radio de viajar distancias largas, la interferencia entre usuarios es un problema. Por esta razón, los gobiernos legislan estrictamente el uso de radiotransmisores.

En las bandas VLF, LF y MF, las ondas de radio siguen el terreno. Estas ondas se pueden detectar quizás a 1000 km en las frecuencias más bajas, y a menos es frecuencias más altas. La difusión de radio AM usa la banda MF. Las ondas de radio en estas bandas cruzan con facilidad los edificios, y es por ellos que los radios portátiles funcionan en interiores. El problema principal al usar estas bandas para comunicación de datos es el ancho de banda relativamente bajo que ofrecen.

En las bandas HF y VHF, las ondas a nivel del suelo tienden a ser absorbidas por la tierra. Sin embargo, las ondas que alcanzan la ionosfera, una capa de partículas cargadas que rodea a la Tierra a una altura de 100 a 500 km, se refractan y se envían de regreso a nuestro planeta. En ciertas condiciones atmosféricas, las señales pueden rebotar varias veces. Los operadores de radioaficionados usan estas bandas para conversar a larga distancia. El ejército se comunica también en las bandas HF y VHF.

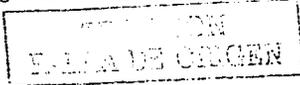
### **Transmisión por microondas**

Por encima de los 100 Mhz las ondas viajan en línea recta y, por tanto, se pueden enfocar en un haz estrecho. El concentrar toda la energía en un haz pequeño con una antena parabólica produce una señal mucho más alta en relación con el ruido, pero las antenas transmisoras y receptoras deben estar muy bien alineadas entre sí. Además, esta direccionalidad permite a transmisores múltiples alineados en una fila comunicarse con receptores múltiples en fila, sin interferencia. Antes de la fibra óptica, estas microondas formaron durante décadas el corazón del sistema de transmisión telefónico de larga distancia. De hecho, el nombre de la empresa de telecomunicaciones de larga distancia MCI proviene de Microwave Communications Inc., por que su sistema se basó originalmente en torres de microondas.

A diferencia de las ondas de radio a frecuencias más bajas, las microondas no atraviesan muy bien los edificios. Además, aun cuando el haz puede estar bien enfocado en el transmisor, hay cierta divergencia en el espacio. Algunas ondas pueden refractarse en las capas atmosféricas más bajas y tardar un poco más en llegar que las ondas directas. Las ondas diferidas pueden llegar fuera de fase con la onda directa y cancelar así la señal. Este efecto se llama desvanecimiento de trayectoria múltiple y con frecuencia es un problema serio que depende del clima y de la frecuencia.

La comunicación por microondas se utiliza tanto para la comunicación telefónica de larga distancia, los teléfonos celulares, la distribución de la televisión y otros usos, que el espectro se ha vuelto muy escaso.

Las microondas tienen otro uso importante, a saber, las bandas industriales, médicas y científicas. Los transmisores que usan estas bandas no requieren licencia del gobierno. Hay una banda asignada mundialmente: de 2.400 a 2.484



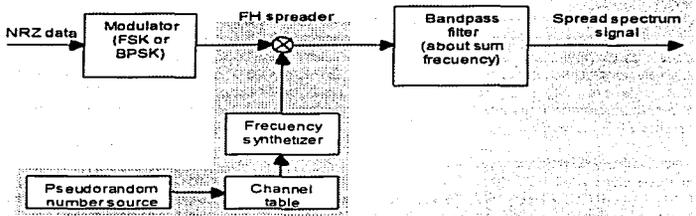
GHz. Además, en Estados Unidos y Canadá existen bandas de 902 a 928 MHz y de 5.725 a 5.850 GHz. Estas bandas se utilizan para teléfonos sin cordón, controles electrónicos de puertas de cocheras, altavoces inalámbricos de alta fidelidad, puertas de seguridad, etc.

### Espectro disperso

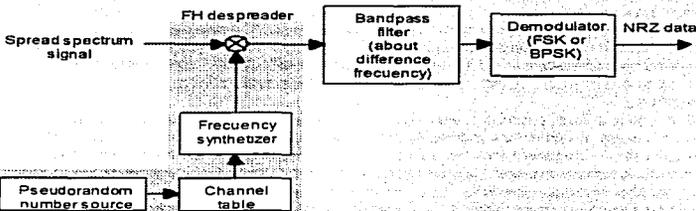
Se trata de una modulación utilizada para transmitir datos analógicos o digitales, usando una señal analógica.

Existen dos técnicas de espectro disperso:

1. Salto de frecuencia (frequency-hopping): la señal es transmitida en una serie pseudo aleatoria de frecuencias, saltando de frecuencia en frecuencia. Su diagrama de operación se muestra a continuación:



(a)



(b)

Figura 1.22 Sistema de espectro disperso por salto de frecuencia  
(a) Transmisión (b) Recepción

Se utiliza, sobre todo, para transmitir en diferentes frecuencias fundamentales a cada cierto instante de tiempo, con el fin de evitar que la señal sea captada y, sobre todo, entendida por extraños.

2. Secuencia directa: este sistema se basa en la lógica de la compuerta OR exclusiva ( $\oplus$ ), recordando:

$$0 \oplus 0 = 0$$

$$0 \oplus 1 = 1$$

$$1 \oplus 0 = 1$$

$$1 \oplus 1 = 0$$

La tasa de transmisión de la señal transmitida es igual a la de la secuencia pseudo aleatoria; ahora bien, si la secuencia pseudo aleatoria es 4 veces la de la secuencia de datos, la tasa de la señal transmitida será entonces 4 veces la de la de datos. En la siguiente figura se puede apreciar un ejemplo de la operación.

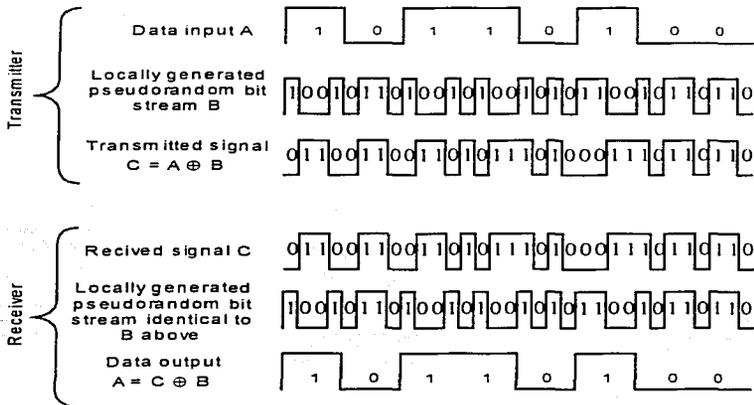
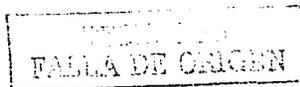


Figura 1.23 Ejemplo de espectro disperso por secuencia directa

### Trunking

El principio "*TRUNKING*" aplicado a la radiocomunicación de doble vía (tal como la usan actualmente los sistemas de transporte o de seguridad pública ambulatoria) implica varios tipos de tecnología, incluida la utilizada por los concesionarios de red pública para la radiocomunicación especializada de flotillas, o *TRUNKING*, así como la utilizada por los sistemas privados de radiocomunicación.

En suma, tanto la radiocomunicación privada, como el *TRUNKING* ofrecido por los concesionarios de redes públicas comprende un conjunto de tecnologías de uso



de canales de radio para la comunicación de doble vía, tal como comúnmente lo utilizan los diversos sistemas de transporte por flotillas.

En México, estos servicios operan en dos vías, es decir requiere de dos bandas de frecuencias: la banda de 806-821 MHz (con 600 canales de 25 KHz, cada uno, para transmisión de unidades instaladas en vehículos y portátiles de los usuarios) y la banda de 851-866 MHz (con 600 canales de 25 KHz cada uno, para transmisión de las estaciones de base y repetidoras del operador).

En su conjunto, en las dos bandas mencionadas existen 600 canales dúplex, mismos que prácticamente han sido asignados en las principales localidades del país. Los 600 canales han sido utilizados tanto para redes públicas de telecomunicaciones (concesiones) como para redes privadas de radiocomunicación.

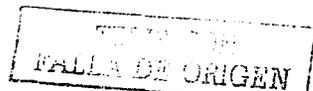
La tecnología utilizada como *TRUNKING* requiere como mínimo de la asignación de 5 canales dúplex para su operación. La experiencia indica (en el caso de sistemas concesionados) que con 5 canales dúplex es posible atender de 300 a 500 equipos de usuarios, y en el caso de 20 canales dúplex la cifra se incrementa de 1,500 a 2,500 equipos de usuarios. De aquí se observa que los sistemas "*TRUNKING*" son más eficientes si cuentan con un mayor número de frecuencias asignadas.

En el caso de sistemas privados, la eficiencia en cuanto al número de equipos puede ser menor pero se justifica por su eficacia en el campo operativo y depende de las necesidades de la empresa. Por ejemplo, la interconexión a la red telefónica pública de conmutación de equipos de usuarios, disminuye la posibilidad técnica de incrementar o mantener en operación el número óptimo de equipos móviles y portátiles en el sistema. Como se observa, la tecnología *TRUNKING* es atractiva, aunque no debe descartarse la tecnología convencional, sobre todo para ciertas aplicaciones de índole privado.

Dada la alta ocupación en México de las bandas en la gama de los 800 MHz, las expectativas se ubican en el rango de los 900 MHz, concretamente en las bandas de 896 -901 MHz (tal vez con 400 canales de 12.5 KHz cada uno, para transmisión de unidades instaladas en vehículos y portátiles de los usuarios) y 935 - 940 MHz (tal vez con 400 canales de 12.5 KHz cada uno para transmisión de las estaciones de base y repetidoras del operador). Estas bandas podrán atender las necesidades presentes, tanto para redes públicas de *TRUNKING*, como para redes privadas.

### **Radiolocalización**

Un sistema de radiolocalización es un sistema de mensajes que permite un contacto continuo de personas, cuando éstas están fuera del alcance de las redes inalámbricas, a través de un dispositivo llamado pager (palm-size), el cual tiene un número de identificación al cual podemos acceder desde la red pública. Un radio receptor (aunque hay algunos que pueden también transmitir), tiene incorporado un decodificador y un código único asignado que hace que sea selectivo, solo recibiendo los mensajes que le corresponden; su función principal es alertar al usuario, a través de un sonido, una vibración o una luz, de que se ha recibido un mensaje nuevo.



Las frecuencias de transmisión que se utilizan, para la radiolocalización, son las siguientes:

- VHF baja 40 MHz
- VHF alta 150 MHz
- UHF 450 y 900 MHz
- Algunos países usan 280 MHz

### **PCS de banda angosta y radiolocalización de dos vías**

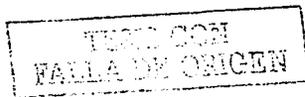
Se trata del servicio de "radiolocalización móvil de personas" (PAGING), pero ahora en dos vías. Es decir, ahora el suscriptor (a diferencia del radiolocalizador tradicional de una vía, que sólo recibe mensajes) estará en posibilidad de enviar una respuesta al mensaje recibido, o bien, transmitir un mensaje a algún otro suscriptor del sistema. Realmente es posible que el concesionario ofrezca servicios de mensajería especializada a sus suscriptores. Los servicios personales de comunicación de banda angosta (PCS de banda angosta) operarán con base en coordinaciones internacionales, en las bandas de 901 MHz a 902 MHz, de 930 MHz a 931 MHz y de 940 MHz a 941 MHz. Los canales de transmisión tendrán anchuras de banda de 12.5 KHz, 25 KHz ó 50 KHz, dependiendo del diseño del sistema del concesionario.

### **Telefonía celular**

Un sistema de telefonía celular móvil usa un gran número de transmisores inalámbrico de baja potencia para crear una célula, el área de servicio geográfico básico de este sistema de comunicación inalámbrico. Variando los niveles de potencia se puede dimensionar la célula de acuerdo a la densidad de usuarios y la demanda en una región particular. Como los usuarios móviles viajan de una célula a otra, sus conversaciones son sometidas a un procedimiento conocido como "hand off", entre las células con el fin de mantener el mismo servicio. Los canales (frecuencias) usadas en una célula, pueden ser reusadas en otra célula que este separada a alguna distancia. Las células pueden ser adicionadas para un crecimiento acomodado, creando nuevas células en áreas sin servicio o recubriendo de células las áreas existentes.

El sistema AMPS (Advanced Mobile Phone Service) fue desarrollado en 1983, usando la banda de frecuencias de 800 a 900 MHz y un ancho de banda de 30 KHz para cada canal como un servicio telefónico móvil completamente automático. Fue el primer servicio celular estandarizado en el mundo. Diseñado para usarse en ciudades, el AMPS después se expandió a las zonas rurales. Ha maximizado el concepto celular de reuso de frecuencias por disminución de potencia de radio. Los teléfonos AMPS tienen el familiar estilo telefónico de interfaz de usuario y son compatibles con cualquier estación base AMPS. Esto crea movilidad entre proveedores de servicio (roaming) simple para los usuarios. Las limitaciones asociadas con AMPS, incluyen:

1. baja capacidad de llamadas
2. espectro limitado
3. sin margen para crecimiento del espectro
4. pobre comunicación de datos
5. privacidad mínima



6. protección contra fraudes inadecuada

**NAMPS (Narrowband Analog Mobile Phone Service; servicio telefónico móvil analógico de banda angosta)**

En la segunda generación de sistemas celulares analógicos, NAMPS fue diseñado para resolver el problema de la baja capacidad de llamadas. El concepto NAMPS utiliza división de frecuencias para obtener tres canales en el ancho de banda de un solo canal de 30 kHz, dividiéndolos en tres canales de 10 kHz. Esto incrementa la posibilidad de interferencia debido al reducido ancho de banda.

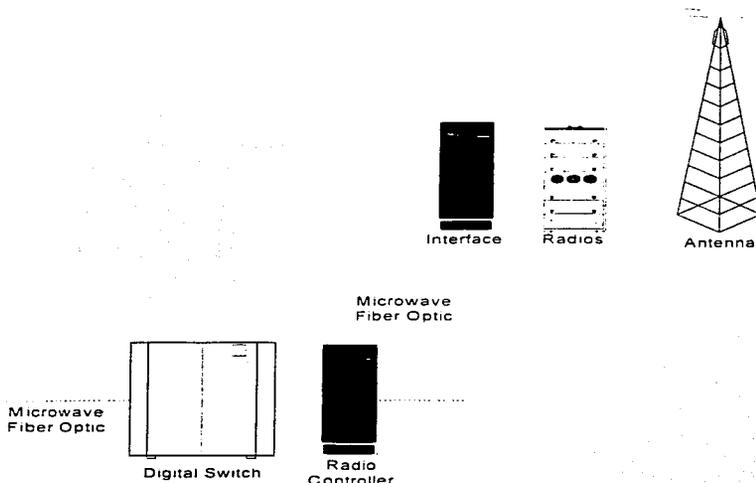
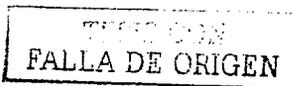


Figura 1.24 Sistema celular digital.

**Sistemas celulares digitales**

Mientras el promedio de una llamada telefónica terrestre dura por lo menos 10 minutos, una llamada móvil usualmente dura 90 segundos. Los ingenieros que esperaban asignar 50 o más teléfonos móviles al mismo canal, encontraron que hacer esto incrementaban la probabilidad de bloqueo de llamadas. Como consecuencia, estos sistemas se saturaron rápidamente y la calidad del servicio



decreció rápidamente. El problema crítico es la capacidad. Las características generales de TDMA, GSM, PCS1900 y CDMA prometen incrementar significativamente la eficiencia del sistema telefónico celular para permitir un gran número de conversaciones simultáneas.

Las ventajas de las tecnologías celular digital sobre las redes celulares analógicas incluyen el incremento en la capacidad y la seguridad. Las opciones como son TDMA y CDMA ofrecen más canales en el mismo ancho de banda del celular analógico y encriptamiento de voz y datos. Debido a las enormes inversiones económicas de los proveedores de servicio en hardware y software AMPS, miran la migración de AMPS a DAMPS superponiendo sus redes existentes con arquitecturas TDMA.

	Análogo	Digital
Estándar	EIA-553 (AMPS)	IS-54 (TDMA + AMPS)
Espectro	De 824 MHz a 891 MHz	De 824 MHz a 891 MHz
Ancho de banda del canal	30 kHz	30 kHz
Canales	21 CC / 395 VC	21 CC / 395 VC
Conversaciones por canal	1	3 o 6
Capacidad de usuarios	De 40 a 50 conversaciones por célula	De 125 a 300 conversaciones por célula
Tipo de TX / RX	continua	ráfagas compartiendo el tiempo
Tipo de carrier	fase constante, frecuencia variable	frecuencia constante fase variable
Relación móvil-base	Móvil esclavizado a la base	Autoridad compartida cooperativamente
Privacidad	Pobre	Mejor, fácilmente corrida
Inmunidad al ruido	Pobre	Alta
Detección de fraudes	ESN mas password opcional (PIN)	ESN más password opcional (PIN)

Figura 1.25 Comparación de las principales características de los sistemas celulares analógicos y digitales.

### TDMA (Time Division Multiple Access: Acceso Múltiple por División de Tiempo)

TDMA es una de varias tecnologías usadas en comunicaciones inalámbricas, provee a cada canal con una ranura de tiempo para que varias llamadas puedan ocupar un ancho de banda. TDMA usa la misma banda de frecuencia y localización de canales que AMPS. Como NAMPS, TDMA proporciona de tres a seis canales en un mismo ancho de banda como un simple canal AMPS. A diferencia de NAMPS, los sistemas digitales tienen los recursos para comprimir el espectro usado para transmitir información de voz por compresión del tiempo libre y redundancia del habla normal. TDMA es el estándar digital y tiene 30 kHz de ancho de banda. Usando codificadores digitales de voz, TDMA es capaz de usar hasta seis canales en el mismo ancho de banda donde AMPS usa solo un canal.

### **E-TDMA (Extended Time Division Multiple Access: Acceso Múltiple por División de Tiempo Extendido)**

Este estándar reclama una capacidad de 15 veces la del sistema celular analógico. Esta capacidad se consigue comprimiendo los silencios durante las conversaciones. E-TDMA el número finito de frecuencias celulares en más time slots que TDMA. Esto permite al sistema soportar mas llamadas celulares simultáneas.

### **PCS (Personal Communications Services: Servicios de Comunicaciones Personales)**

El futuro de las telecomunicaciones incluye servicios de comunicaciones personales. PCS a 1900 MHz (PCS1900) es la implementación norteamericana de DCS1800 (Global System for Mobile communications: Sistema Global para Comunicaciones móviles o GSM). En el espectro de frecuencia el bloque de frecuencias del operador autorizado contiene un número definido de canales. El plan de frecuencias asigna canales específicos a células específicas, siguiendo un patrón de reuso que reinicia cada  $n$  células. Las bandas de uplink y downlink son imágenes de espejo pareadas. Como con AMPS, un número de canales implica una frecuencia de uplink y otra de downlink: por ejemplo, canal 512 = 1850.2 MHz de uplink pareado con 1930.2 MHz de downlink.

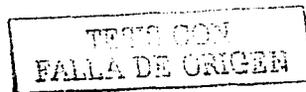
### **CDMA (Code Division Multiple Access: Acceso Múltiple por División de Código)**

CDMA es un estándar de interface aérea, que proporciona de 8 a 15 veces la capacidad de los sistemas analógicos. Emplea una adaptación comercial de la tecnología militar de espectro disperso de banda lateral única. Debido a que los usuarios están aislados por código, pueden compartir la misma frecuencia de portadora, eliminando el problema del reuso de frecuencias que enfrenta AMPS y DAMPS. Cada sitio de célula CDMA puede usar la misma banda de 1.25 MHz, por lo que respecta a los clusters,  $n = 1$ , esto simplifica grandemente el plan de frecuencias en un ambiente completamente CDMA.

CDMA es un sistema de interferencia limitada. A diferencia de AMPS/TDMA, CDMA tiene un suave límite de capacidad; sin embargo, cada usuario es una fuente de ruido sobre el canal compartido y el ruido contribuido por los usuarios acumulados. Esto crea un límite práctico para cuántos usuarios puede soportar el sistema. Los móviles que transmiten excesiva potencia interfieren a otros móviles. Para CDMA, el control preciso de potencia de los móviles es crítico para maximizar la capacidad del sistema e incrementar la vida de las baterías de los móviles. El objetivo es mantener cada móvil al nivel mínimo absoluto de potencia que es necesario para asegurar una calidad de servicio aceptable. Idealmente, la potencia recibida en la radio base de cada móvil debe ser la misma (señal mínima de interferencia).

### **Ondas infrarrojas y milimétricas**

Las ondas infrarrojas y milimétricas no guiadas se usan mucho para la comunicación de corto alcance. Todos los controles remotos de los televisores.



grabadoras de video y estéreos utilizan comunicación infrarroja. Estos controles son relativamente direccionales, baratos y fáciles de construir, pero tienen un inconveniente importante: no atraviesan los objetos sólidos. En general, conforme pasamos de la radio de onda larga hacia la luz visible, las ondas se comportan cada vez más como la luz y menos como la radio.

Por otro lado, el hecho de que las ondas de radio no atraviesen bien las paredes sólidas también es una ventaja. Esto significa que un sistema infrarrojo en un cuarto de un edificio no interferirá un sistema similar en cuartos adyacentes. Además, la seguridad de los sistemas infrarrojos contra el espionaje es mejor que la de los sistemas de radio, precisamente por esta razón.

Estas propiedades han hecho del infrarrojo un candidato interesante para las LAN inalámbricas en interiores. De esta manera, las computadoras portátiles capaces de utilizar infrarrojos pueden estar en la LAN local sin tener que conectarse a ella físicamente. La comunicación con infrarrojo no se puede llevar a cabo en exteriores por que el sol brilla con igual intensidad en el infrarrojo como en el espectro visible.

### **Transmisión por ondas de luz**

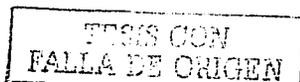
La señalización óptica sin guías se ha usado durante siglos. Paul Revere utilizó señalización óptica binaria desde la vieja Iglesia del Norte justo antes de su famoso viaje. Una aplicación más moderna es conectar las LAN de dos edificios por medio de láseres montados en sus azoteas. La señalización óptica coherente con láseres es inherentemente unidireccional, de modo que cada edificio necesita su propio láser y su propio fotodetector. Este esquema ofrece un ancho de banda muy alto y un costo muy bajo. También es relativamente fácil de instalar y no requiere una licencia.

La ventaja del láser, un haz muy estrecho, es aquí también una debilidad. El apuntar un rayo láser de 1 mm de anchura a un blanco de 1 mm a 500 metros de distancia requiere de una puntería extremadamente alta. Por lo general, se añaden lentes al sistema para desenfocar ligeramente el rayo.

Una desventaja es que los rayos láser no pueden penetrar la lluvia ni la niebla densa, pero normalmente funcionan bien en días soleados.

### **1.6. Red digital de servicios integrados (ISDN)**

Una ISDN (Integrated Services Digital Network) es una red digital que puede proveer muchos tipos de servicios al usuario. La confianza real de los estándares ISDN no es cómo opera la red sino cómo se comunica el usuario con la red y obtiene acceso a los servicios de la red. Los estándares ISDN, entonces, definen la interfaz entre el usuario y la red. Esta interfaz está en la forma de un grupo de protocolos, incluyendo un grupo de mensajes usados para peticiones de servicios. En una ISDN, el loop local puede solamente transportar señales digitales. Además, el loop local ISDN contendrá varios canales lógicos para señalización y datos de usuario. Hay tres tipos básicos de canales definidos para comunicaciones ISDN, diferenciados por sus funciones: un grupo de bits.



### 1.6.1. Canales ISDN

- Canal D: transporta las señales entre el usuario y la red; también puede transportar paquetes de datos del usuario.
- Canal B: Transporta información para servicios de usuario, incluyendo voz, audio, video y datos digitales; opera a la velocidad de un DS<sub>0</sub> (64 kbps).
- Canal H: Las mismas funciones que el canal B, pero operando a velocidades mayores que el DS<sub>0</sub>.

#### El canal D

Todos los dispositivos conectados a la red utilizan un conector físico estándar e intercambian mensajes similares con la red para petición de servicio. Los contenidos de los mensajes de señalización varían con el tipo de dispositivo; un teléfono ISDN, por ejemplo, requerirá diferente servicio que un televisor ISDN. El equipo del usuario intercambia peticiones de servicio y otros mensajes de señalización con la red sobre el canal D de la ISDN.

La función primaria del canal D es la de transportar mensajes de señalización del usuario de la red. Ya que para el intercambio de mensajes de señalización no es deseable que se utilice el ancho de banda disponible del canal D, el ancho de banda extra está disponible para los paquetes de usuario. El transportar datos de tipo paquete es la segunda función del canal D.

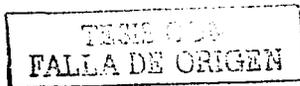
Canal	Propósito	Rango de bits
B	Portador de servicios	64 kbps
D	Señalización y datos en modo paquetes.	16 kbps (BRI) 64 kbps (PRI)
H <sub>0</sub>	Seis canales B	384 kbps
H <sub>1</sub>	Todos los canales H0 H <sub>11</sub> (24B) H <sub>12</sub> (30B)	1,536 Mbps 1,920 Mbps
H <sub>2</sub>	ISDN de banda ancha (propuesto) H <sub>21</sub> H <sub>22</sub>	32,768 Mbps 43-45 Mbps
H <sub>4</sub>	ISDN de banda ancha (propuesto)	132-138,240 Mbps

Figura 1.26 Canales ISDN

#### El canal B

Las señales intercambiadas del canal D describen las características del servicio que el usuario está pidiendo. Por ejemplo, un teléfono ISDN puede pedir una conexión de modo circuito operando a 64 kbps para el soporte de una aplicación de voz. Este perfil de características describen lo que es un servicio portador. Los servicios portadores están basados por la localización de un canal portador, o canal B.

El propósito primario de un canal B, entonces, es transportar las señales de usuario de voz, audio, datos y video. Ninguna petición de servicio del usuario será



enviada por el canal B. Este canal siempre opera a 64 kbps, el rango de bits requerido para aplicaciones de voz digitales.

El canal B puede ser usado tanto por aplicaciones de conmutación de circuitos como de conmutación de paquetes. Una conexión modo circuito puede proveer una conexión transparente de usuario a usuario o una conexión especialmente adecuada para una aplicación específica (por ejemplo: televisión o música). Las conexiones modo paquetes pueden soportar equipos de conmutación de paquetes usando protocolos como la recomendación X.25 del CCITT.

El punto más importante para recordar con respecto al uso de los canales B y D es que los dispositivos usan el canal D para intercambiar mensajes de señalización necesarios para petición de servicios en el canal B.

### **El canal H**

Un servicio de usuario con un rango mayor a 64 kbps puede ser obtenido por petición de canales de alto rango, o canales H, los cuales proveen el ancho de banda equivalente a un grupo de canales B. Las aplicaciones que requieren rangos de bits sobre los 64 kbps incluyen servicios de fax rápido, datos de alta velocidad, audio de alta calidad, teleconferencia y video.

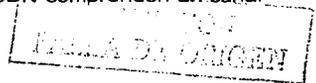
El primer paso sobre un simple canal B es un canal  $H_0$ , el cual tiene un rango de datos de 384 kbps, el ancho de banda equivalente a seis canales B. Un canal  $H_1$  comprende todos los canales  $H_0$  disponibles –canales a través de una única interfaz (operando a los rangos de un  $T_1$  o un  $E_1$ ). Un  $H_{11}$  –canal que opera a 1.536 Mbps equivalente a cuatro canales  $H_0$  (24 canales B) por compatibilidad con la jerarquía digital Norteamericana (rango  $T_1$ ). Un  $H_{12}$  –canal que opera a 1 920 Mbps y es equivalente a cinco canales  $H_0$  (30 canales B) por compatibilidad con la jerarquía digital Europea (rango de  $E_1$ ).

Futuros estándares ISDN definen canales con iguales rangos de bits para aplicaciones de ISDN de banda ancha (B-ISDN). Los canales BISDN son aquellos que operan a velocidades mayores que el  $H_1$ . Canales  $H_2$  y  $H_4$  han sido propuestos en recomendaciones del CCITT. Para compatibilidad con el nivel 3 Europeo del rango de señalización de 34.368 Mbps, un  $H_{21}$  –canal que se ha propuesto para que opere a 32.768 Mbps. Para compatibilidad con el Norteamericano DS-3 con un rango de 44.736 Mbps, un  $H_{22}$  –canal propuesto que operará en el rango de 43 a 45 Mbps.

### **1.6.2. Interfaces de acceso ISDN**

El concepto de interfaz de acceso es familiar para la mayoría de los usuarios de redes hoy en día. La mayoría de residentes, por ejemplo, tienen un teléfono de línea sencilla y, por consiguiente, una conexión sencilla con la central. Si el usuario quiere una línea telefónica adicional, recursos físicos adicionales son llevados hasta el lugar donde esté el usuario. Un segundo par de hilos, por ejemplo, proveen la segunda línea. El acceso a otras redes y/o servicios de redes pueden ser proveídos llevando líneas al recinto del usuario.

Las interfaces de acceso ISDN difieren un poco de las interfaces de acceso actuales. Primero, uno de los objetivos de ISDN es proveer todos los servicios sobre una sola conexión de acceso a la red, independientemente del tipo de equipo o servicio. Segundo, las interfaces de acceso ISDN comprenden un canal



D para señalización y algún número de canales B para datos de usuario. Este diseño permite múltiples flujos de información simultáneamente sobre una sola interfaz física y permite al usuario conmutar entre los servicios disponibles según su demanda. El estándar ISDN actualmente define dos interfaces de acceso a la red diferentes, llamadas la interfaz de tasa básica (BRI) e interfaz de tasa primaria (PRI). Estas interfaces de acceso especifican el rango y el medio físico que operará y el número de canales B, D y H disponibles.

### 1.6.2.1. Basic Rate Interface

El BRI (Interfaz de Tasa Básica) comprende dos canales bidireccionales B de 64 kbps y un canal bidireccional D de 16 kbps sobre líneas telefónicas estándar de dos hilos; y se le denomina 2B+D. El BRI típicamente es usado para aplicaciones residenciales y oficinas pequeñas y de oficinas en casa. Cada canal B puede transmitir voz o datos; el canal D transmite la señalización o los mensajes de control de llamada. La tasa de datos de usuario en el BRI es de 144 kbps (64 kbps + 64 kbps + 16 kbps). La configuración y los puntos de referencia para el BRI están especificados en la figura siguiente:

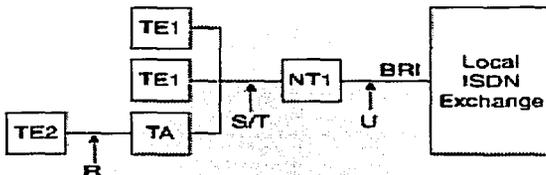
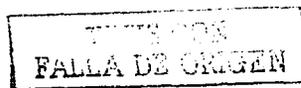


Figura 1.27 Puntos de referencia del BRI ISDN

La configuración de referencia para la ISDN está definida en la especificación I.411 de la ITU. Los puntos de referencia especifican el medio de transmisión, la interfaz y los conectores (si se usan).

- Punto de referencia U –El punto de referencia U especifica las características de transmisión del loop local. Para el BRI, esta interfaz de dos hilos opera a 160 kbps (2B + D + 16 kbps para overhead) sobre cables trenzados estándar de cobre.
- Punto de referencia S/T –Para accesos de tasa básica, esta interfaz provee una conexión de cuatro hilos para terminales compatibles con ISDN o adaptadores de terminal. La interfaz opera a 144 kbps (2B + D) entre el dispositivo ISDN y el dispositivo terminal de red. Se pueden conectar hasta ocho dispositivos ISDN a esta interfaz.
- Punto de referencia R –El punto de referencia R provee conexión para dispositivos no ISDN. Tal dispositivo se conecta al adaptador terminal usando interfaces como son RS-232 y V.35.



Esta configuración de referencia también especifica el grupo de funciones requeridas para acceder a redes ISDN:

- Terminación de Red 1 (Network Termination 1: NT1) –Fuera de los Estados Unidos, la NT1 está en el lado de la red de la interfaz red-usuario definida y es considerada parte de la red del proveedor de servicio. La NT1 termina el loop local de dos hilos y provee un bus S/T de cuatro hilos para el equipo Terminal (TE) ISDN.
- Equipo terminal 1 (Terminal Equipment 1: TE1) –Los TE1s son dispositivos compatibles con ISDN que se conectan directamente a el conector S/T en la NT1.
- Equipos Terminales 2 –Los TE2s son equipos no compatibles con ISDN que requieren de la interconexión de un adaptador terminal (Terminal Adapter: TA).
- TA –Los TAs proveen una interfaz de conformidad con ISDN para la NT1 e interfaces estándares para los TE2s. Estas interfaces estándares incluyen RS-232, V.35, RS-449 y X.21.

### 1.6.2.2. Primary Rate Interface

El PRI (Interfaz de Tasa Primaria) tiene un número de posibles configuraciones. La más común, es una de 30B + D, basada en la jerarquía digital de CEPT. Esta interfaz comprende 30 canales B y un canal D de 64 kbps. Opera a 2.048 Mbps, de los cuales 1.984 Mbps son de datos de usuario.

El PRI contiene mas canales de los que un usuario típico puede usar. El PRI es, de hecho, dirigido a proveer acceso a la red mediante algún equipo del usuario, como un PBX o un Host.

### 1.6.3. Dispositivos funcionales ISDN y puntos de referencia

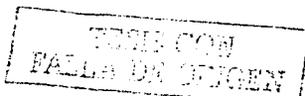
#### 1.6.3.1. Dispositivos funcionales ISDN

Diferentes dispositivos pueden estar presentes en la conexión entre el CPE y la red a la cual está conectada el CPE. Consideremos la relativamente simple conexión de un usuario con la red telefónica. Todos los teléfonos del usuario están conectados a una caja de conexiones en el domicilio del usuario, el loop local proporciona la conexión física entre la caja de conexiones y el conmutador de la red. La caja de conexiones, hasta donde le interesa al usuario, está comunicada directamente con el conmutador; es transparente.

Como las recomendaciones ISDN describen muchos tipos funcionales de aparatos, hay muchas interfaces de dispositivo a dispositivo, cada una requiriendo un protocolo de comunicaciones. Cada uno de estas interfaces de dispositivo es llamada *punto de referencia*.

La central ISDN es llamada conmutador local. Los protocolos ISDN están implementados en el conmutador local, el cual es el lado de la red del loop local. Otras responsabilidades del conmutador local incluyen mantenimiento, operación de interfaces físicas y proveer servicios de usuario bajo petición.

El equipo terminal de red tipo 1 (NT1: Network Termination type 1) representa la terminación de la conexión física entre el sitio del usuario y el conmutador local. El monitoreo del desempeño de la línea, temporizado, potencia de transferencia y el multiplexado de los canales B y D son responsabilidad del NT1.



El equipo terminal de red tipo 2 (NT2: Network Termination type 2) están los dispositivos que proveen conmutación, multiplexaje y concentración en el sitio del usuario. Estos incluyen PBXs, LANs, mainframes, terminales y otros CPE para voz o switchco de datos. Una NT2 puede estar ausente en algunos ambientes ISDN, como en servicios ISDN residenciales.

Equipo Terminal (TE: Terminal Equipment) son dispositivos de usuario final, como un teléfono analógico o digital, equipo terminal de datos X.25, estaciones de trabajo ISDN o terminales integradas de voz/datos.

Equipo Terminal tipo 2 (TE2: Terminal Equipment type 2) son dispositivos no compatibles con ISDN como los teléfonos analógicos, en uso actualmente en la red telefónica. Un adaptador terminal (TA: Terminal Adaptor), permite a un dispositivo no compatible con ISDN (TE2) comunicarse con la red. Los TAs tienen una importancia particular en el mercado ISDN actual: casi todos los dispositivos en uso actualmente en el ambiente de las telecomunicaciones son TE2. Los TAs permiten a los teléfonos analógicos, DTEs X.25, PCs y otros dispositivos no compatibles con ISDN utilizar la red, al proveer alguna conversión de protocolos necesaria. Una pieza física o equipo puede tomar la responsabilidad de dos o más dispositivos definidos aquí. Por ejemplo, el PBX desempeña funciones de NT1 y NT2, esta combinación se denomina algunas veces como NT12.

#### **1.6.3.2. Puntos de referencia ISDN**

Los puntos de referencia ISDN definen la comunicación entre los diferentes dispositivos. La importancia de los diferentes puntos de referencia es que diferentes protocolos pueden ser usados en cada punto de referencia: cuatro de estos son R, S, T y U.

El punto de referencia R está entre el equipo terminal no compatible con ISDN (TE2) y el adaptador terminal. El adaptador terminal permitirá al TE2 aparecer a la red como un equipo ISDN, justo como un módem permite a una terminal o una PC comunicarse sobre la red telefónica de hoy día.

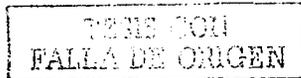
El punto de referencia S está entre el equipo ISDN de usuario y el equipo terminal de red. El punto de referencia T está entre el equipo de conmutación del site del usuario (NT2) y la terminación del loop local (NT1). En ausencia de NT2, la interfaz de usuario de red es llamada comúnmente punto de referencia S/T.

Uno de los aspectos más controvertidos de ISDN entre 1984 y 1988 fue la definición del estándar de transmisión a través del loop local entre el NT1 y el LE, llamado el punto de referencia U. El CCITT considera el dispositivo físico NT1 como propiedad de la administración de la red. De ahí que, el CCITT vea los puntos de referencia S y T como la frontera del usuario de red. La recomendación del CCITT no menciona operaciones internas de red, así que ellos no tienen estándar para transmisión a través del loop local.

#### **1.6.3.3. Servicios ISDN**

Una ISDN debe tener muchas capacidades para poder manejar los diferentes servicios esperados de ella, algunos de los cuales no están disponibles en las redes de hoy día. La red debe tener la habilidad para:

- Manejar voz, audio, datos interactivos, facsímil, video comprimido y video en tiempo real.



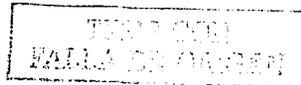
- Transportar eficientemente tráfico continuo (por ejemplo: voz, video y facsimil) y tráfico en ráfagas (por ejemplo: datos interactivos).
- Establecer el ancho de banda sobre una base de demanda.
- Permitir el establecimiento y terminación de llamadas de manera rápida.
- Manejar un amplio rango de velocidades de transmisión y tiempos de retención de llamadas.
- Garantizar una baja tasa de bits erróneos, y bajo retardo de mensajes de extremo a extremo.
- Proveer varios niveles de seguridad en comunicaciones.

#### 1.6.3.4 Protocolos ISDN de nivel físico Arquitectura de protocolos ISDN

Los protocolos ISDN para el canal D son equivalentes a las tres capas más bajas del modelo OSI de Referencia. Como este protocolo describe sólo la interfaz de usuario a red y no la comunicación de usuario a usuario, no hay una contraparte para el canal D en los niveles OSI de extremo a extremo. Los tres niveles para el protocolo del canal D son:

- Nivel 1: describe la conexión física entre el TE y la NT, incluyendo conector, esquema de código de línea, tramas y características eléctricas. La conexión física es sincrónica, serial y full dúplex: puede ser punto a punto (PRI o BRI) o punto multipunto (sólo BRI). Los canales B y D comparten el medio físico empleando TDM.
- Nivel 2: describe los procedimientos para asegurar una comunicación libre de errores sobre el enlace físico y define la conexión lógica entre el usuario y la red. El protocolo provee también reglas para multiplexar varios TE's en un solo canal físico (multipunto) en el BRI.
- Define la interfaz y mensajes usados para peticiones de servicios a la red.

La interacción punto a punto entre los tres niveles del protocolo es consistente con el modelo OSI. Los mensajes de señalización del nivel 3 son transportados en el campo de información de las tramas del nivel 2, las cuales son transmitidas a través del enlace físico de nivel 1.



## 2. CONCEPTOS BÁSICOS DE REDES DE DATOS

### 2.1. Modelo de referencia OSI

Durante los 60's y 70's, compañías como Burroughs, Digital Equipment Corporation (DEC), Honeywell e IBM, definían sus propios protocolos de comunicaciones de redes para sus respectivos productos. Debido a la naturaleza propietaria de los protocolos, como siempre, la interconexión de computadoras de diferentes fabricantes o incluso entre diferentes líneas de productos del mismo fabricante era muy difícil.

Al final de los 70's, la Organización Internacional para la Estandarización (ISO por sus siglas en inglés), desarrolló el Modelo de Referencia para la Interconexión de Sistemas Abiertos (OSI: Open System Interconnection). El modelo OSI comprende una arquitectura de siete niveles, la cual sería la base para los sistemas de redes abiertos en el futuro, permitiendo a las computadoras de distintos fabricantes comunicarse con cualquiera otra.

El propósito de este modelo de referencia es el proveer una base común para la coordinación del desarrollo de estándares cuyo propósito fuera la interconexión de sistemas, mientras se permite que los estándares fueran puestos en la perspectiva de todo el modelo de referencia; además de lograr la comunicación entre equipos de diferentes fabricantes y permitir a las aplicaciones independencia del hardware en el que operen.

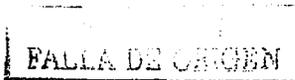
Los principios que se aplicaron para llegar a las siete capas son los siguientes:

1. Se debe crear una capa siempre que se necesite un nivel diferente de abstracción.
2. Cada capa debe realizar una función bien definida.
3. La función de cada capa se debe elegir pensando en la definición de protocolos estandarizados internacionalmente.
4. Los límites de las capas deben elegirse a modo de minimizar el flujo de información a través de las interfaces.
5. La cantidad de capas debe ser suficiente para no tener que agrupar funciones distintas en la misma capa y lo bastante pequeña para que la arquitectura no se vuelva inmanejable.

Los niveles del modelo OSI proveen transparencia; esto es, que la operación de cualquiera de los siete niveles es independiente de los otros.

Nivel	
7	Aplicación
6	Presentación
5	Sesión
4	Transporte
3	Red
2	Enlace
1	Físico

Figura 2.1 Capas del modelo OSI



### **Nivel físico (capa 1)**

La capa física tiene que ver con la transmisión de bits por un canal de comunicación. Las consideraciones de diseño tienen que ver con la acción de asegurarse de que cuando un lado envíe un bit 1, se reciba en el otro lado como bit 1, y no como bit 0. Las preguntas típicas aquí son: ¿cuántos volts deberán usarse para representar un 1 y cuántos para un 0? ¿cuántos microsegundos dura un bit? ¿la transmisión se puede efectuar simultáneamente en ambas direcciones o no? ¿cómo se establece la conexión inicial y como se interrumpe cuando ambos lados han terminado?. y ¿cuántas puntas tiene el conector de la red y para qué sirve cada una? Aquí las consideraciones de diseño tienen mucho que ver con las interfaces mecánica eléctrica y de procedimientos y con el medio de transmisión físico que está bajo la capa física

### **Nivel de enlace (capa 2)**

La tarea principal de la capa de enlace de datos es tomar un medio de transmisión en bruto y transformarlo en una línea que parezca libre de errores de transmisión no detectados a la capa de red. Esta tarea la cumple al hacer que el emisor divida los datos de entrada en marcos de datos (unos cientos o miles de bytes normalmente), que transmita los marcos en forma secuencial y procese los marcos de acuse de recibo que devuelve el receptor. Corresponde a la capa de enlace de datos crear y reconocer los límites de los marcos

Una ráfaga de ruido en la línea puede destruir por completo un marco. En este caso el software de la capa de enlace de datos de la máquina fuente puede retransmitir el marco. Sin embargo las transmisiones repetidas del mismo marco introducen la posibilidad de duplicar marcos. Se podría enviar un marco duplicado si se perdiera el marco del acuse de recibo que el receptor devuelve al emisor. Corresponde a esta capa resolver el problema provocado por los marcos dañados, perdidos y duplicados. La capa de enlace de datos puede ofrecer varias clases de servicios distintas a la capa de la red, cada una con diferente calidad y precio

Otra consideración que surge en la capa de enlace de datos (y también de la mayor parte de las capas mas altas) es cómo evitar que un trasmisor veloz sature de datos a un receptor lento. Se debe emplear algún mecanismo de regulación de tráfico para que el transmisor sepa cuánto espacio de almacenamiento temporal (buffer) tiene el receptor en ese momento. Con frecuencia esta regulación de flujo y el manejo de errores estan integradas

Si se puede usar la línea para transmitir datos en ambas direcciones esto introduce una nueva complicación que el software de la capa de enlace de datos debe considerar. El problema es que los marcos de acuse de recibo para el tráfico de A a B compiten por el uso de la línea con marcos de datos para el tráfico de B a A, ya se inventó una solución inteligente (plataformas transportadoras).

Las redes de difusión tienen una consideración adicional en la capa de enlace de datos: cómo controlar el acceso al canal compartido, una subcapa especial de la capa de enlace de datos se encarga de este problema la subcapa de acceso al medio.



### **Nivel de red (capa 3)**

La capa de red se ocupa de controlar el funcionamiento de la subred. Una consideración clave de diseño es determinada cómo se encaminan los paquetes de la fuente a su destino. Las rutas se pueden basar en tablas estáticas que se "alambran" en la red y rara vez cambian. También se pueden determinar al inicio de cada conversación, por ejemplo en una sesión de terminal. Por último, pueden ser altamente dinámicas, determinándose de nuevo con cada paquete para reflejar la carga actual de la red.

Si en la subred se encuentran presente demasiados paquetes a la vez. Se estorbarán mutuamente, formando un cuello de botella. El control de tal congestión también pertenece a la capa de red.

En vista de que los operadores de la subred podrían esperar remuneración por su labor, con frecuencia hay una función de contabilidad integrada a la capa de red. Cuando menos, el software debe contar cuántos paquetes o caracteres o bits envía cada cliente para producir información de facturación. Cuando un paquete cruza una frontera nacional, con tarifas diferentes de cada lado, la contabilidad se puede complicar.

Cuando un paquete debe viajar de una red a otra para alcanzar su destino, pueden surgir muchos problemas; el tipo de direcciones que usa la segunda red puede ser diferente de la primera; puede ser que la segunda no acepte en absoluto el paquete por ser demasiado grande; los protocolos pueden diferir y otras cosas. La capa de red debe resolver todos estos problemas para lograr que se interconecten redes heterogéneas.

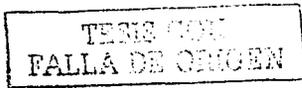
En las redes de difusión el problema del ruteo es simple y la capa de red con frecuencia es delgada o incluso inexistente.

### **Nivel de transporte (capa 4)**

La función básica de la capa de transporte es aceptar datos de la capa de sesión, dividirlos en unidades más pequeñas si es necesario, pasarlos a la capa de red y asegurar que todos los pedazos lleguen correctamente al otro extremo. Además. Todo esto se debe hacer de manera eficiente y en forma que aisle a las capas superiores de los cambios inevitables en la tecnología del hardware.

En condiciones normales, la capa de transporte crea una, conexión de red distinta para cada conexión de transporte que requiera la capa de sesión. Sin embargo, si la conexión de transporte requiere un volumen de transmisión alto, la capa de transporte podría crear múltiples conexiones de red, dividiendo los datos entre las conexiones para aumentar el volumen. Por otro lado, si es costoso crear o mantener una conexión de red, la capa de transporte puede multiplexar varias conexiones de transporte en la misma conexión de red para reducir el costo. En todos los casos, la capa de transporte debe lograr que el multiplexaje sea transparente para la capa de sesión.

La capa de transporte determina también qué tipo de servicio proporcionará a la capa de sesión y, finalmente, a los usuarios de la red. El tipo más popular de conexión de transporte es un canal de punto a punto libre de errores que entrega mensajes o bytes en el orden en que se enviaron. Sin embargo, otras posibles clases de servicios de transporte son el transporte de mensajes aislados sin



garantía respecto al orden de entrega y la difusión de mensajes a múltiples destinos. El tipo de servicios se determina al establecer la sesión. La capa de transporte es una verdadera capa de extremo a extremo, del origen al destino. En otras palabras, un programa en la máquina fuente sostiene una conversación con un programa similar en la máquina de destino, haciendo uso de los encabezados de mensajes y de los mensajes de control. En las capas bajas, los protocolos se usan en cada máquina y sus vecinas inmediatas, y no entre las máquinas de origen y destino, que pueden estar separadas por muchos ruteadores. La diferencia entre las capas 1 a la 3, que están encadenadas, y las capas 4 a la 7, que son de extremo a extremo, se ilustra en la figura 2.2.

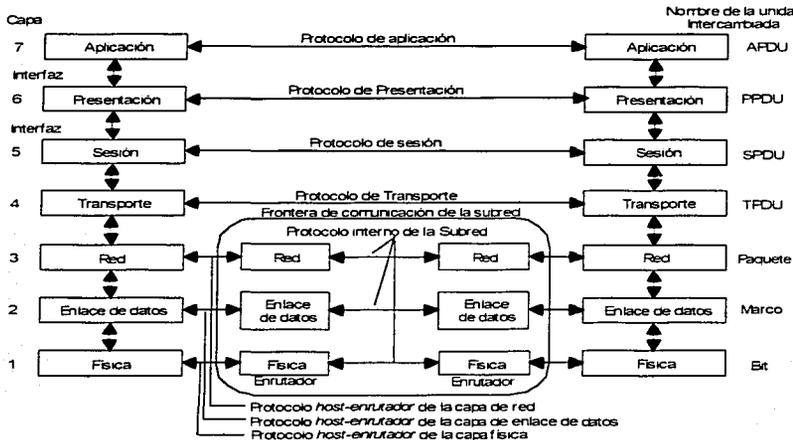


Figura 2.2 El modelo de referencia OSI

Muchos nodos están multiprogramados, lo que implica que múltiples conexiones entran y salen de cada nodo. En este caso se necesita una manera de saber cuál mensaje pertenece a cuál conexión. El encabezado de transporte (H<sub>4</sub> en la figura 2.3), es una opción para colocar esta información.

Además de multiplexar varias corrientes de mensajes por un canal, la capa de transporte debe cuidar de establecer y liberar conexiones a través de la red. Esto requiere alguna clase de mecanismo de asignación de nombres, de modo que un proceso en una máquina pueda describir con quién quiere conversar. También debe haber un mecanismo para regular el flujo de información, a fin de que un

nodo rápido no pueda saturar a uno lento. Tal mecanismo se llama control de flujo y desempeña un papel clave en la capa de transporte (también en otras capas). El control de flujo entre nodos es distinto del control de flujos entre ruteadores, aunque se aplican principios similares a ambos.

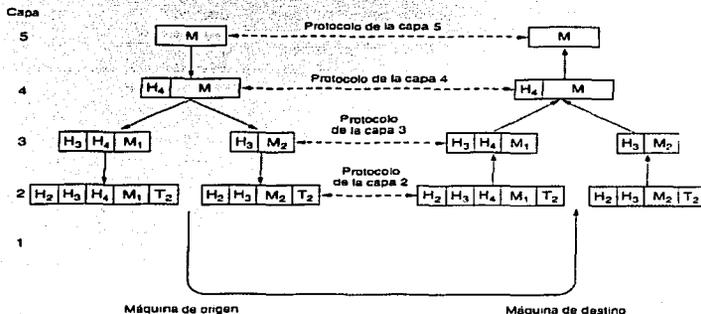


Figura 2.3 Ejemplo del flujo de información que apoya la comunicación virtual en la capa 5

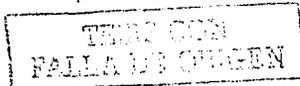
### Nivel de sesión (capa 5)

La capa de sesión permite a los usuarios de máquinas diferentes establecer sesiones entre ellos. Una sesión permite el transporte ordinario de datos, como lo hace la capa de transporte, pero también proporciona servicios mejorados que son útiles en algunas aplicaciones. Se podría usar una sesión para que el usuario se conecte a un sistema remoto de tiempo compartido o para transferir un archivo entre dos máquinas.

Uno de los servicios de la capa de sesión es manejar el control del diálogo. Las sesiones pueden permitir que el tráfico vaya en ambas direcciones al mismo tiempo, o solo en una dirección a la vez. Si el tráfico puede ir únicamente en un sentido a la vez, la capa de sesión puede ayudar a llevar el control de los turnos.

Un servicio de sesión relacionado es el manejo de fichas. Para algunos protocolos es esencial que ambos lados no intenten la misma operación al mismo tiempo. A fin de controlar estas actividades, la capa de sesión proporciona fichas que se pueden intercambiar. Solamente el lado que posea la ficha podrá efectuar la operación crítica.

Otro servicio de sesión es la sincronización. Considere los problemas que pueden ocurrir cuando se trata de una transferencia de archivos de 2 horas de duración entre dos máquinas que tienen un tiempo medio entre rupturas de 1 hora. Cada transferencia, después de abortar, tendría que empezar de nuevo desde el principio y probablemente fallaría también la siguiente vez. Para eliminar este problema, la capa de sesión ofrece una forma de insertar puntos de verificación en



la corriente de datos, de modo que después de cada interrupción sólo se deban repetir los datos que se transfirieron después del último punto de verificación.

#### **Nivel de presentación (capa 6)**

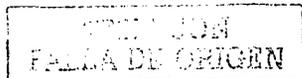
Esta capa realiza ciertas funciones que se piden con suficiente frecuencia para justificar la búsqueda de una solución general, en lugar de dejar que cada usuario resuelva los problemas. En particular, y a diferencia de todas las capas inferiores que se interesan sólo en mover bits de manera confiable de acá para allá, la capa de presentación se ocupa de la sintaxis y la semántica de la información que se transmite.

Un ejemplo típico de servicio de presentación es la codificación de datos en una forma estándar acordada. La mayor parte de los programas de usuario no intercambian cadena de bits al azar; intercambian cosas como nombres de personas, fechas, cantidades de dinero y cuentas. Estos elementos se representan como cadenas de caracteres, enteros, cantidades de punto flotante y estructuras de datos compuestas de varios elementos simples. Las diferentes computadoras tienen códigos diferentes para representar cadenas de caracteres (por ejemplo ASCII y Unicode), enteros y demás. Con el fin de hacer posible la comunicación entre computadoras con representaciones diferentes, las estructuras de datos por intercambiar se pueden definir en forma abstracta, junto con un código estándar que se usa "en el cable". La capa de presentación maneja estas estructuras de datos abstractas y las convierte de la representación que se usa dentro de la computadora a la representación estándar de la red y viceversa.

#### **Nivel de aplicación (capa 7)**

La capa de aplicación contiene varios protocolos que se necesitan con frecuencia. Por ejemplo, existen cientos de tipos de terminales incompatibles en el mundo. Considere la situación de un editor de pantalla completa que debe trabajar en una red con muchos tipos diferentes de terminal, cada uno con formatos diferentes de pantalla, secuencias de escape para insertar y eliminar texto, mover el cursor, etc. Una forma de resolver este problema es definir una terminal virtual de red abstracta que los editores y otros programas puedan manejar. Para cada tipo de terminal, se debe escribir un programa para establecer la correspondencia entre las funciones de la terminal virtual de red y las de la terminal real. Por ejemplo, cuando el editor mueva el cursor de la terminal virtual a la esquina superior izquierda de la pantalla, este software debe emitir la secuencia apropiada de órdenes a la terminal real para poner su cursor en ese lugar. Todo el software de terminal virtual está en la capa de aplicación.

Otra función de la capa de aplicación es la transferencia de archivos. Los diferentes sistemas de archivos tienen convenciones diferentes para nombrar los archivos, formas diferentes de representar líneas de texto, etc. La transferencia de un archivo entre dos sistemas diferentes requiere la resolución de éstas y otras incompatibilidades. Este trabajo también pertenece a la capa de aplicación, lo mismo que el correo electrónico, la carga remota de trabajos, la búsqueda en directorios y otros recursos de uso general y especial.



## 2.2. Modelo TCP/IP

A finales de los años 60, la Agencia de proyectos avanzados de investigación del Departamento de Defensa de los Estados Unidos o ARPA, comenzó una asociación con universidades de los Estados Unidos y otros organismos de investigación para investigar sobre nuevas tecnologías de comunicación de datos. Construyeron la ARPANET, la primera red de conmutación de paquetes. En 1969 comenzó a funcionar una versión experimental de ARPANET con cuatro nodos. El experimento fue un éxito y a partir de ahí evolucionó hasta cubrir los Estados Unidos de costa a costa.

Los protocolos iniciales de ARPANET eran lentos y solían sufrir frecuentes problemas. En 1974, Vinton G. Cerf y Robert E. Khan propusieron, en un artículo, el diseño de un nuevo núcleo de protocolos. Este diseño supuso las bases para los posteriores desarrollos del Protocolo de Internet (IP) y del Protocolo de control de transmisión (TCP). A partir de 1980, se tardó tres años en convertir los host de ARPANET, que eran menos de 100, al nuevo grupo de protocolos.

La versatilidad de los nuevos protocolos se comprobó en 1978 en una demostración en la que un terminal desde un automóvil, que conducía por las autopistas de California, transmitía datos utilizando Radio paquetes a un nodo SRI internacional, cruzando el continente mediante ARPANET, y después a través de una red por satélite a un host en Londres.

Hacia 1983, ARPANET contaba con más de 300 computadoras y se había convertido en un valioso recurso para sus usuarios. En 1984, la ARPANET original se dividió en dos partes. Una se siguió llamando ARPANET y se dedicó a la investigación y desarrollo. La otra se llamó MILNET y se convirtió en una red militar no clasificada.

En 1983, el Departamento de Defensa adoptó el grupo de protocolos TCP/IP como su estándar. La aceptación de TCP/IP se difundió hacia otros departamentos de defensa, creando un gran mercado para esta tecnología.

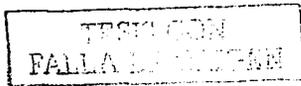
TCP se diseñó para un entorno que resultaba bastante poco usual en los años 70 pero que ahora es el habitual. El protocolo TCP/IP debía conectar equipos de distintos fabricantes. Debía ser capaz de ejecutarse en diferentes tipos de medios y enlaces de datos. Debía unir conjuntos de redes en una única internet, de forma que todos sus usuarios pudiesen acceder a un conjunto de servicios genéricos.

Más aún, los patrocinadores académicos, militares y gubernamentales de TCP/IP querían poder conectar nuevas redes a sus internet sin interrumpir el resto del servicio de la red.

Estos requisitos conformaron la arquitectura del protocolo. La necesidad de independencia de la tecnología del medio y la conexión automática a una red en crecimiento, condujo a la decisión de transmitir los datos por una internet troceándolos en piezas y encaminando cada pieza como una unidad independiente.

Las funciones que garantizan una transmisión de datos fiable se situaron en los host origen y destino. Por ello, los fabricantes de ruteadores podían centrar sus esfuerzos en mejorar el rendimiento y mantenerse en las nuevas tecnologías de telecomunicaciones.

Al hacerlo así, los protocolos de TCP/IP consiguieron escalarse muy bien, ejecutándose en sistemas que iban desde las grandes computadoras a las PC. De



hecho, un útil subconjunto de administración de red se traslada a dispositivos de la red "sin inteligencia", como los puentes, multiplexores y switches.

### **2.2.1. Características de TCP/IP**

TCP/IP tiene algunas características únicas que justifican su durabilidad. La arquitectura TCP/IP agrupa bancos de redes, creando una red mayor llamada una *internet*. Para un usuario, una internet aparece, simplemente, como una única red compuesta por todos los host conectados a cualquiera de los nodos que la forman. Los protocolos de TCP/IP se diseñaron para ser independientes del hardware del host o de su sistema operativo, así como de las tecnologías de los medios y los enlaces de datos. Se requería que los protocolos fuesen robustos, sobreviviendo a altas tasas de error en la red y con capacidad de encaminamiento adaptativo transparente en el caso de que se perdiesen nodos o enlaces.

Cuando el Departamento de Defensa de los Estados Unidos y otras agencias gubernativas impusieron, como requisito, los protocolos de TCP/IP en las compras de computadoras, los fabricantes se enfrentaron a la necesidad de implementar TCP/IP para competir en los concursos del gobierno.

En los años noventa, TCP/IP llegó al mundo comercial. Es el software de red más disponible universalmente. Ha habido un rápido progreso al integrar TCP/IP junto con los servidores de LAN y los sistemas operativos de sobremesa.

Además, existe el soporte para TCP/IP sobre una selección creciente de tecnologías de transmisión.

### **2.2.2. La Internet**

La facilidad para agrupar las redes de TCP/IP combinado con una política de puertas abiertas que permitía a las redes de investigación, académicas y comerciales conectarse a ARPANET, hizo crecer la súper red llamada *Internet*. Internet se extendió por todo el globo, apareciendo proveedores de servicios en docenas de países en todo el mundo.

En 1994 había millones de computadoras interconectadas e Internet estaba preparada para el mercado comercial.

Internet continúa siendo una incubadora de nuevas tecnologías. Sus servicios de correo, noticias y tableros de anuncios ofrecen un foro donde se debaten y contrastan ideas.

Aunque muchos de los protocolos de TCP/IP los diseñaron e implementaron los grupos de trabajo del *IETF* (Internet Engineering Task Force), también han realizado contribuciones importantes grupos de investigación de universidades y organizaciones comerciales. Para que se acepten, las contribuciones han de ser útiles y utilizables.

Normalmente, se pone el código fuente de los nuevos protocolos en bases de datos públicas en Internet. Los fabricantes usan este código como punto de partida para sus productos. Se consiguen muchos beneficios. El desarrollo de productos es más rápido y menos costoso. Al empezar a partir de una misma fuente se promueve la interoperabilidad.

Los parámetros de la red, las direcciones especiales de red, los nombres de servicios y los identificadores estandar de terminales y sistemas de computadora



se encuentran en una RFC (Request For Comments) llamada Números asignados (Assigned Numbers).

Los Números asignados de Internet los administra la *Autoridad de números asignados de Internet* (IANA-Internet Assigned Numbers Authority). La RFC de números asignados se actualiza cada pocos meses.

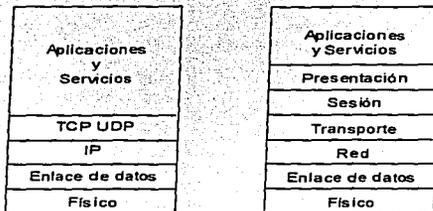


Figura 2.4 Capas de TCP/IP y de OSI

### 2.2.3. Diferencias entre OSI y TCP/IP

Existen cuatro diferencias fundamentales entre OSI y TCP/IP.

1. El concepto de jerarquía contra capas.
2. La importancia de las interredes.
3. La utilidad de servicios sin conexiones.
4. La aproximación a las funciones de administración.

La cofección de protocolos TCP/IP reconoce que la tarea de comunicación es muy compleja y muy diversa para ser completada por una sola unidad. De acuerdo a esto, la tarea es dividida en módulos o entidades que pueden comunicarse con sus iguales en los otros sistemas. Una entidad dentro de un sistema provee servicios a otras entidades y, en su momento, utiliza los servicios de otras entidades. Las buenas prácticas de diseño de software especifican que estas entidades están organizadas jerárquicamente (esto significa que, ninguna entidad utiliza sus propios servicios, directa o indirectamente).

El modelo OSI está basado en el mismo razonamiento, pero toma un paso más allá. El próximo paso es reconocer que, en muchos aspectos, los protocolos en el mismo nivel de la jerarquía tienen ciertas características en común. Esto rinde el concepto de filas o capas, y el esfuerzo por describir en una forma abstracta qué rasgos contienen en común los protocolos dentro de una fila dada.

La objeción que algunas veces dan los diseñadores de TCP/IP y sus protocolos, es que el modelo OSI es más prescriptivo que descriptivo. Dicta que los protocolos dentro de una capa dada realicen ciertas funciones. Esto puede no ser siempre deseable.

Además, está la implicación en el modelo OSI que, debido a que las interfaces entre capas están bien definidas, un nuevo protocolo puede ser sustituido por uno

viejo en una capa dada sin impactar en las capas adyacentes. Esto no siempre es deseable o posible.

La colección de protocolos TCP/IP intenta no ser tan restrictivo. Como ejemplos, las siguientes técnicas pueden estar permitidas:

- Una entidad puede usar directamente los servicios de una entidad jerárquicamente inferior, siempre que esta no esté en una capa adyacente.
- Los caracteres de escape pueden ser usados para permitir la colocación de caracteres de control dentro del flujo de datos.
- Pueden usarse conexiones separadas de control y datos, en las cuales la información de control y datos no comparten una unidad de datos. Esto es muy conveniente, por que uno podría desear proveer diferentes servicios (prioridad, disponibilidad) para los diferentes tipos de conexión.
- La información de control de las capas inferiores puede ser usada para lograr el control de alto nivel.
- Se permite la cooperación entre múltiples entidades.

Puede, por supuesto, ser posible el proveer todas estas características dentro del modelo OSI, aunque ningún documento de OSI ni ningún protocolo en desarrollo muestra evidencia de ello. El argumento de los que proponen a TCP/IP es que algunas cosas que no pueden hacerse en TCP/IP no pueden hacerse en el modelo OSI.

### **Las interredes**

Una diferencia histórica entre TCP/IP y el modelo OSI es la importancia que el pasado pone en las interredes. Las interredes ocurren cuando dos sistemas de comunicación no conectan a la misma red. Así, los datos transferidos deben atravesar al menos dos redes. Además, estas redes pueden ser bastante disimilares. El requerimiento por las interredes ha llevado al desarrollo de un protocolo de Internet. Tal protocolo no tenía, originalmente, un lugar dentro del modelo OSI. El actual documento de OSI hace una breve referencia a la posibilidad de redes en tándem, y emerge un protocolo de interredes como una subcapa de la capa de red (capa 3). Esta no es una solución simple, pero es la única posible dentro de la arquitectura de siete capas.

### **Servicios sin conexión**

Un servicio sin conexión (no orientado a conexión), como el nombre implica, es uno en el cual los datos son transferidos de una entidad a otra sin la previa construcción mutua de una conexión. TCP/IP da la misma importancia a los servicios orientados a conexión como a los no orientados a conexión. Mientras que el modelo OSI está basado solamente en términos de servicios orientados a conexión. Se espera, sin embargo, que futuras versiones del modelo OSI incorporen servicios no orientados a conexión. Un uso primario del servicio no orientado a conexión dentro de TCP/IP es en las interredes. Como no es seguro asumir que todas las redes intermedias están disponibles, un protocolo de interredes no orientado a conexión es usado, con conectividad de extremo a extremo provista a un nivel alto. Un servidor de nombres de direcciones es otro ejemplo donde el servicio no orientado a conexión que podría ser deseable.



### **Funciones de administración**

Una diferencia final entre TCP/IP y el modelo OSI es en el sentido en el cual varias funciones relacionadas con la administración son tratadas. Ejemplos de tales funciones son los nombres (identificación) de los recursos, el control del acceso a los recursos, la consideración de los recursos y la utilización de la red. El concepto de funciones de administración no parece cazar bien con el modelo OSI, en parte debido a que son la mayoría servicios no orientados a conexión y en parte debido a que allí no hay "lugar" para ello. Parecería que estas funciones deben ser clasificadas de acuerdo a la capa e incluirlas como entidades de administración en cada capa. TCP/IP no evita esta aproximación pero va más allá. Dentro de esta arquitectura, se hace una aproximación uniforme para muchas de estas funciones y estas son proveídas por protocolos que pueden ser mejor descritos como protocolos de "capa de sesión". Esta descripción revela el hecho que este protocolo hace uso de servicios de transporte.

#### **2.2.4. Estructura en capas de TCP/IP**

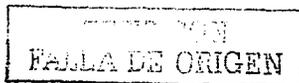
Para conseguir un intercambio fiable de datos entre dos computadoras, se deben llevar a cabo muchos procedimientos separados:

- Empaquetado de los datos
- Determinar el camino que deben seguir
- Transmisión por el medio físico
- Regulación de la tasa de transferencia de acuerdo con el ancho de banda disponible y la capacidad del receptor para absorber los datos
- Ensamblado de los datos entrantes para que se mantengan en la secuencia correcta y no haya pérdida de trozos
- Comprobación de los datos entrantes para ver si hay trozos repetidos
- Notificación al emisor los datos que se han recibido correctamente
- Entrega de los datos a la aplicación correcta
- Manejo de los eventos de errores y problemas

El resultado es que el software de comunicaciones es complejo. Con un modelo en capas resulta más sencillo agrupar funciones relacionadas e implementar el software de comunicaciones de forma modular. La estructura concreta seleccionada para los protocolos de TCP/IP proviene de requisitos que evolucionaron en las comunidades académicas y de defensa. IP hace lo necesario para agrupar distintos tipos de redes en una internet. TCP proporciona transferencia fiable de datos. El modelo de comunicación de datos OSI se vio influido fuertemente por el diseño de TCP/IP. Las capas de OSI y la terminología de OSI se ha convertido en una parte estándar de la cultura de las comunicaciones de datos. En la figura 2.4 se muestran las capas de TCP/IP y de OSI. Veamos superficialmente lo que ocurre en cada capa, empezando por las inferiores.

#### **Capa física**

La capa física trata con el medio físico, los conectores y las señales que representan los ceros (0) y unos (1). Por ejemplo, las tarjetas de red de Ethernet y Token Ring y los cables, implementan las funciones de la capa física.



### Capa de enlace de datos

En la capa de enlace, los datos se organizan en unidades llamadas *tramas*. Como se muestra en la figura 2.5, cada trama tiene una cabecera que incluye una dirección e información de control y una cola que se usa para la detección de errores.

La cabecera de una trama de Red de área local (LAN) contiene direcciones «físicas» del origen y el destino de la LAN. La cabecera de una trama que se transmite por una Red de área extensa (WAN) contiene un identificador de circuito en su campo de dirección.

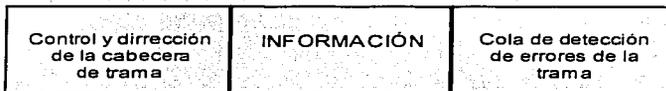


Figura 2.5 Formato de trama TCP/IP

### Capa de red

El protocolo de Internet realiza funciones de la capa de red. IP encamina datos entre sistemas. Los datos pueden atravesar un enlace único o pueden reenviarse por varios enlaces de una internet. Los datos se transportan en unidades llamadas *datagramas*.

Como se muestra en la figura 2.6, un datagrama tiene una cabecera de IP que contiene información de direcciones de la capa 3. Los ruteadores examinan la dirección de destino de la cabecera de IP, para dirigir los datagramas a su destino. La capa de IP se denomina *no orientada a conexión* ya que cada datagrama se encamina de forma independiente e IP no garantiza la entrega fiable, ni en secuencia, de los mismos. IP encamina su tráfico sin tener en cuenta la relación entre aplicaciones a la que pertenece un determinado datagrama.

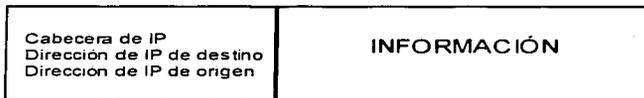
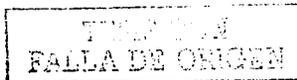


Figura 2.6 Datagrama de IP

### Capa de transporte: TCP

El protocolo de control de transmisión realiza funciones de la capa de transporte. TCP proporciona a las aplicaciones servicios de conexión fiable de datos. TCP dispone de los mecanismos que garantizan que los datos se entregan sin errores, sin omisiones y en secuencia.

Una aplicación, como la de transferencia de archivos, transmite datos a TCP. TCP le añade una cabecera creando una unidad denominada *segmento*. TCP envía segmentos pasándoselos a IP, quien los encamina hacia su destino. TCP acepta



segmentos entrantes por IP, determina la aplicación de destino y traslada los datos a la aplicación en el orden en que fueron enviados.

### Capa de transporte: UDP

Una aplicación envía un mensaje independiente a otra aplicación mediante el Protocolo de datagramas de usuario (UDP). UDP añade una cabecera creando una unidad denominada *datagrama de UDP* o *mensaje de UDP*.

UDP traslada los mensajes de UDP salientes a IP. UDP acepta mensajes de UDP entrantes de IP y determina la aplicación destino.

UDP es un servicio de comunicaciones no orientado a conexión que suele usarse en aplicaciones de búsquedas simples en bases de datos.

### Empaquetado de datos para su transmisión

La figura 2.7 muestra cómo se empaquetan los datos para su transmisión. El término genérico para la información junto con una cabecera apropiada de una capa es *Unidad de datos del protocolo* (PDU). Por ejemplo, un segmento TCP es una PDU de la capa de transporte y un datagrama de IP es una PDU de la capa de red.

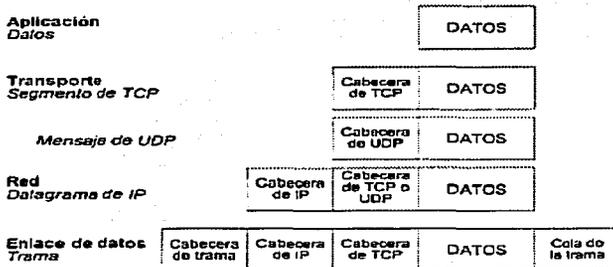
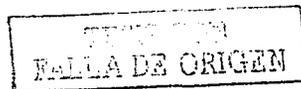


Figura 2.7 Empaquetado de datos para su transmisión

### Descripción general del protocolo

En la figura 2.8 se pueden ver como encajan los componentes del conjunto de protocolos de TCP/IP. Aunque no se han normalizado formalmente las interfaces textuales de las interfaces de usuario para la transferencia de archivos, el terminal virtual, las noticias ni las traducciones de nombre a dirección del Sistema de nombres de dominio, la mayoría de los fabricantes suelen ofrecer un conjunto de comandos, copia de las interfaces de usuario del Unix de la distribución de software de Berkeley. Para los usuarios que trabajen en el modo textual en dos tipos de host distintos resulta muy útil que las interfaces de usuario permanezcan casi iguales al cambiarse de sistema.



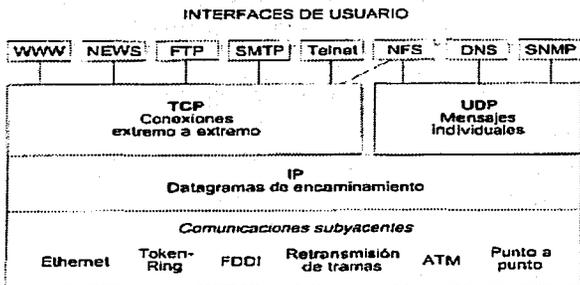


Figura 2.8 Componentes del conjunto de protocolos de TCP/IP

Existen muchas interfaces gráficas de usuario (GUI) para los sistemas Windows y Macintosh. Aunque difieren en los detalles, siguen las convenciones del sistema operativo y normalmente se pueden usar sin un entrenamiento especial.

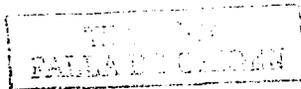
Los clientes del World Wide Web, noticias, transferencia de archivos (FTP), correo electrónico y terminal virtual (telnet) se comunican con sus servidores mediante conexiones de TCP. La mayoría de los clientes de archivos de NFS intercambian mensajes de UDP con sus servidores, aunque algunas implementaciones de NFS se pueden ejecutar tanto sobre UDP como sobre TCP. Las búsquedas de directorio del Sistema de nombres de dominio utilizan mensajes de UDP. Las estaciones de administración del Protocolo simple de gestión de red (SNMP) obtienen información de los dispositivos de red mediante mensajes de UDP.

### 2.2.5. Ruteadores y topología

El conjunto de protocolos de TCP/IP se puede utilizar en LAN y WAN independientes o en complejas internet creadas por la unión de muchas redes. Cualquier host con TCP/IP se puede comunicar con otro por la LAN, con una línea punto a punto o una red de paquetes de área extensa.

Las redes se pueden interconectar en una internet con *ruteadores* de IP. Los modernos productos de ruteo disponen de múltiples ranuras de interfaz hardware, configurables según las necesidades de conexión del usuario: Ethernet, Token-Ring, Interfaz de datos distribuidos por fibra (FDDI), conexión punto a punto síncrona, retransmisión de tramas u otros.

Las internet se pueden construir con cualquier mezcla de topologías. Sin embargo, cuando la internet tiene una estructura coherente, a los ruteadores les resulta más sencillo realizar su trabajo eficientemente y reaccionar rápidamente a fallos en cualquier lugar de la red, cambiando los caminos de los datagramas para evitar los



puntos conflictivos. Un diseño lógico fácil de entender ayuda a los administradores de red a diagnosticar, localizar y reparar fallos en la red. El robusto y competitivo mercado de ruteadores de IP, ha promovido la arquitectura de TCP/IP. Los fabricantes de ruteadores implementan rápidamente las nuevas tecnologías de LAN y de WAN, ampliando las opciones de conectividad a sus clientes. La relación precio/rendimiento de un ruteador se ha reducido de manera continua durante los últimos años.

### 2.2.6. Ruteo de IP

El software de IP se ejecuta en host y en ruteadores de IP. Si el destino de un datagrama no está en el mismo enlace que el host origen, el IP del host dirige el datagrama a un ruteador local. Si el ruteador no está conectado directamente con el enlace de destino hay que enviar el datagrama a otro ruteador. Este proceso continúa hasta que se alcanza el enlace destino.

IP rutea o encamina hacia lugares *remotos*, buscando la red de destino en una tabla de ruteo. Una entrada de la tabla de ruteo identifica el ruteador del siguiente salto que debe seguir el tráfico para conseguir llegar a su destino.

### 2.2.7. Protocolos de ruteo

En una internet estática y pequeña, las tablas de ruteo se pueden crear y mantener manualmente. En internet mayores los ruteadores mantienen sus propias tablas actualizadas intercambiando información unos con otros. Los ruteadores pueden descubrir dinámicamente:

- Si se ha añadido una nueva red a la internet.
- Que el camino a un destino ha fallado y que ya no se puede alcanzar dicho destino.
- Se ha añadido un nuevo ruteador a la internet. Este ruteador proporciona un camino más corto a ciertos lugares.

No existe una única norma para el intercambio de información entre ruteadores. La libertad de elección del protocolo más apropiado ha estimulado la competencia y ha conseguido una gran mejora en estos protocolos.

Las funciones de red bajo el control de una organización se denomina *Sistema autónomo* (AS- *Autonomous System*). Una organización puede elegir el protocolo de intercambio de información de ruteo que desee para su propio Sistema autónomo. El protocolo de intercambio de información de ruteo dentro de un Sistema autónomo se denomina *Protocolo interior de pasarela* (IGP-*Interior Gateway Protocol*).

El *Protocolo de información de ruteo* (RIP-*Routing Information Protocol*) es un estándar muy usado del Protocolo de pasarela interior. RIP es muy popular por su sencillez y por su gran disponibilidad. Sin embargo, el nuevo protocolo *Primero el camino abierto más corto* (OSPF) dispone de un conjunto más rico de funciones.

Aunque todos los ruteadores disponen de uno o más protocolos estándar, algunos fabricantes de ruteadores también proporcionan un protocolo propietario para el intercambio de información entre ruteadores. Muchos productos de ruteo pueden ejecutar varios protocolos de ruteo simultáneamente.



### 2.2.8. Arquitectura de TCP

TCP se implanta en host. La entidad de TCP en cada extremo de una conexión debe asegurar que los datos se entregan a su aplicación local de forma:

- Precisa
- En secuencia
- Completa
- Libre de duplicados

El mecanismo básico para conseguirlo se ha utilizado desde el inicio de las comunicaciones de datos. El TCP emisor:

- Numerar los segmentos
- Fija un temporizador
- Transmite el segmento

El TCP receptor tiene que mantener informado al emisor del número de datos correctos recibidos mediante una confirmación (ACK). Si no llega el ACK para un segmento dentro del plazo del temporizador, TCP reenvía el segmento. Esta estrategia se denomina *retransmisión con confirmación positiva*. A veces la retransmisión puede causar que se entreguen segmentos repetidos al TCP receptor.

El TCP receptor debe reordenar los segmentos entrantes en el orden correcto, descartando los repetidos. TCP entrega los datos a la aplicación en orden, sin pérdida de trozos.

Hasta aquí parece como si hubiese un lado que envía y el otro que recibe. TCP es un protocolo dúplex, es decir, ambos extremos pueden enviar y recibir a la vez, por lo que de hecho se están transmitiendo dos flujos de datos. TCP juega el papel de emisor y receptor simultáneamente.

### 2.2.9. Arquitectura de UDP

UDP se implanta en los host. UDP no promete ni garantiza la entrega y es responsabilidad de las aplicaciones, que intercambian la información, que confirmen si los datos han llegado correctamente.

Una aplicación que quiere enviar datos con UDP traslada un bloque de datos a UDP. UDP simplemente añade una cabecera a dicho bloque y lo transmite.

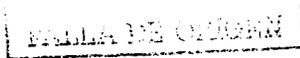
Una aplicación que participa en una comunicación de UDP puede enviar y recibir mensajes de datagramas de usuario en cualquier momento. Es responsabilidad de los clientes y servidores que utilizan UDP mantener un registro de cualquier relación entre los datagramas de usuario intercambiados.

### 2.2.10. Conceptos de seguridad

TCP/IP se comporta muy bien en el establecimiento de comunicaciones entre computadoras de una LAN, a través de una red de punto o incluso globalmente. Pero la conectividad alcanza un nuevo interés en cuanto a la seguridad de la información.

Los temas básicos de seguridad en un entorno de red son los mismos que se encuentran en un host central.

- Autenticación de los usuarios.
- Integridad, es decir, asegurar que los datos no han cambiado.



- Confidencialidad, es decir, evitar que nadie pueda observar la información.

### 2.2.11. Autenticación

Un aspecto importante de la seguridad de las computadoras es saber quién es quién. En el pasado se confiaba en los identificadores de usuario (ID) y en las contraseñas para identificar a los usuarios interactivos. Se confiaba en el campo «From:» de un mensaje de correo electrónico para identificar al emisor. Pero las contraseñas se pueden capturar mediante una escucha silenciosa y el correo electrónico se puede falsificar.

Si se van a realizar transacciones serias sobre redes de TCP/IP, se necesita algún mecanismo para identificar de manera fiable al emisor. La identificación fiable de un emisor se denomina *autenticación*.

### 2.2.12. Tecnología de clasificación de mensajes

Una tecnología de autenticación sencilla, pero eficaz utiliza *clasificación de mensajes (message digest)*. Como se muestra en la figura 2.9, una clasificación de mensajes es el cálculo que se realiza con un mensaje usando una clave secreta. La clasificación de mensajes 5 (MD5) se usa mucho actualmente.

El *Challenge Handshake* muestra una forma de uso de la clasificación de mensajes. Como ocurre en la autenticación convencional, un usuario da su contraseña registrada en un host. Sin embargo, la contraseña no se envía nunca por la red. En lugar de ello, el sistema del usuario realiza un cálculo MD5 utilizando la contraseña como clave secreta.

El proceso es el siguiente:

1. El usuario envía un identificador de usuario al host.
2. El host envía un mensaje aleatorio al usuario.
3. El host y el sistema del usuario realizan un cálculo MD5 del mensaje aleatorio y la contraseña secreta del usuario.
4. El sistema del usuario envía la respuesta al host.
5. El host compara las respuestas. Si el sistema del usuario envía la respuesta correcta, se autentica al usuario.

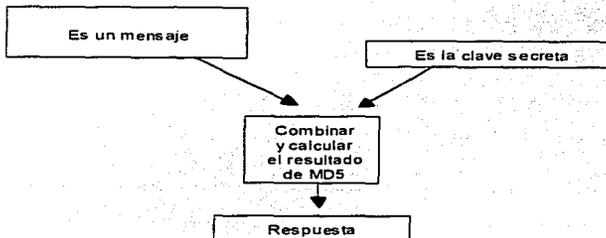
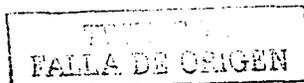


Figura 2.9 Uso de la clasificación de mensaje



### 2.2.13. Integridad de los mensajes

También se pueden usar MD5 y una clave secreta para detectar si han cambiado los datos durante su transmisión.

1. Se realiza un cálculo MD5 con los datos y la clave secreta.
2. Se envían al otro extremo los datos y el mensaje clasificado.
3. El otro extremo realiza un cálculo MD5 de los datos y la clave secreta.
4. El otro extremo compara la respuesta con el mensaje clasificado. Si coinciden, significa que los datos no han cambiado.

Hay que tener en cuenta que, sin conocer la clave secreta, un fisgón no puede falsificar o modificar los datos. Este mecanismo se usa en el correo electrónico seguro y en las transacciones cliente/servidor que se deben proteger.

### 2.2.14. Confidencialidad usando cifrado simétrico

Para evitar que los fisgones lean y utilicen los datos, éstos deben ir cifrados. La manera clásica de hacerlo es que el emisor y el receptor estén de acuerdo en la clave secreta. Los datos se cifran antes de enviarse usando esta clave. A menudo, se añade una clasificación de mensaje de manera que el receptor pueda comprobar que el mensaje recibido se corresponde exactamente con el emitido. Como se muestra en la figura 2.10, una vez se han cifrado los datos, parecen una cadena de basura.

Este es el método tradicional de cifrado *simétrico*. El cifrado simétrico usa la misma clave para cifrar y para descifrar los datos. Los dos usuarios deben conocer y guardar la clave secreta. Las desventajas de este método son:

- Por seguridad, se necesita una clave distinta para cada par de entidades que se comunican.
- Es difícil actualizar las claves.

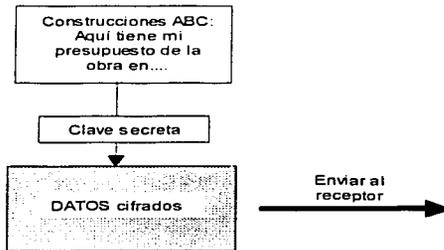


Figura 2.10 Cifrado simétrico

### 2.2.15. Cifrado asimétrico con clave pública

Actualmente, han aparecido métodos que realizan un cifrado *asimétrico*. El cifrado asimétrico utiliza claves *diferentes* para cifrar y para descifrar los datos.



Para comprenderlo, supongamos que se tiene una caja con dos llaves diferentes, A y B, como se muestra en la figura 2.11:

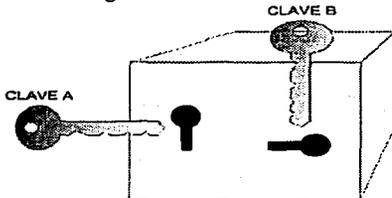


Figura 2.11 Uso de distintas llaves para abrir y cerrar (cifrar y descifrar)

- Si cierra la caja usando A, debe abrirla con B.
- Si cierra la caja usando B, debe abrirla con A.

El cifrado asimétrico también se denomina cifrado de *clave pública* ya que permite administrar las claves de una forma muy conveniente. La clave A puede ser la *clave pública*. Se le puede dar a los amigos o ponerla en un directorio.

- Cualquiera puede usar la clave pública para cifrar datos que va a enviar.
- *Nadie conoce tu clave privada, por lo que nadie más puede descifrar los datos que te envían.*

La administración de claves pública/privada es mucho más sencilla que las claves simétricas. Pero, aún así, se necesita una autoridad de registro en quien confiar que asegure que la clave que aparece como «Clave pública de Blanca S.» realmente pertenece a Blanca S., y no a una impostora. Por desgracia, los métodos de cifrado asimétrico actuales son muy lentos. Se prefiere un método simétrico/asimétrico combinado.

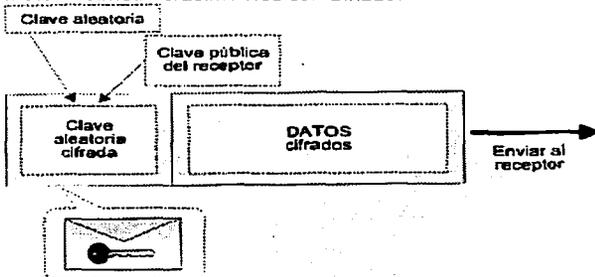
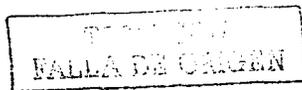


Figura 2.12 Guardando una clave para descifrar un mensaje



### 2.2.16. Cifrado combinado

El cifrado combinado funciona de la siguiente forma:

1. Se selecciona una clave simétrica aleatoria.
2. Se cifran los datos con dicha clave.
3. A continuación la clave aleatoria se cifra usando la clave pública del receptor y se incluye en el mensaje. Es como poner la nueva clave aleatoria dentro de un contenedor que se ha cerrado con la llave pública del receptor.
4. El receptor descifra la clave aleatoria temporal y la usa para descifrar los datos.

Como se muestra en la figura 2.12, la clave pública se utiliza para poner un envoltorio alrededor de la clave aleatoria. El receptor es el único que puede abrir este envoltorio.

### 2.3. Topologías

El término Topología se refiere a la forma o disposición que tienen los nodos de una red, es decir, a la forma como se distribuye u organiza el conjunto de ordenadores y periféricos dentro de la red. Las topologías más comunes son:

- Topología en estrella.
- Topología en anillo.
- Topología en bus.
- Topología en árbol.

#### 2.3.1. Topología en estrella

La topología en estrella es una de las más antiguas, en ella, todas las estaciones están conectadas a un ordenador central, que es el que controla la prioridad, procedencia y distribución de los mensajes.

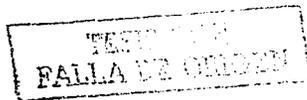
El ordenador central será normalmente el servidor de la red, aunque puede ser un dispositivo especial de conexión.

Esta configuración presenta una buena flexibilidad a la hora de incrementar el número de equipos; además, la caída de unos de los ordenadores periféricos no repercute en el comportamiento general de la red. Sin embargo, si el fallo se produce en el ordenador central, se verán afectadas todas las estaciones.

El diagnóstico de problemas en la red es simple, debido a que todos los ordenadores están conectados a un equipo central. No es una topología adecuada para grandes instalaciones, ya que al agruparse los cables en la unidad crea situaciones propensas a errores de gestión, precisando, además, grandes cantidades de recursos económicos en cables.

El fallo en un nodo de la red no repercute en el comportamiento global de la misma, sólo afectará al tráfico relacionado con ese nodo; en caso de una falla en el medio de comunicación, sólo quedaría fuera de servicio el nodo afectado. El problema sería mayor si es que la falla esta en el Hub, ya que todas las estaciones serían afectadas.

Esta configuración es rápida en comunicaciones entre los ordenadores periféricos y la central, pero lenta en comunicaciones entre ordenadores periféricos. Por otro lado, la capacidad de la red es elevada si el flujo de información es entre los ordenadores periféricos y el ordenador central.



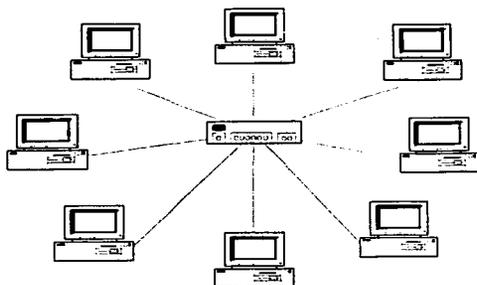


Figura 2.13 Topología en estrella

Medios de Transmisión	Rango de datos (Mbps)	Distancia de la estación al switch central (Km)	Número de estaciones
Par trenzado no apantallado	1-10	0.5 (1 Mbps) – 0.1 (10 Mbps)	10's
Cable coaxial de banda base	70	< 1	10's
Fibra óptica	10-20	< 1	10's

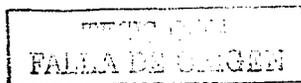
Tabla 2.1 Medios de transmisión para redes locales: estrella pasiva o activa

### 2.3.2. Topología en anillo

En esta topología, todas las estaciones están conectadas entre sí, formando un anillo, de modo que cada estación tiene conexión directa con otras dos. Los datos viajan por el anillo de estación en estación, siguiendo una única dirección, de manera que toda la información pasa por todas las estaciones hasta llegar a la estación de destino, en donde se quedan. Cada estación se queda con la información que va dirigida a ella y retransmite al nodo siguiente las que tienen una dirección diferente a la suya.

Una señal llamada Token, va circulando por la red, pasando de un nodo al siguiente. si uno de estos requiere enviar información en ese momento, aprovecha el Token y transmite la información al nodo siguiente, el cual debe ser capaz de reconocer los mensajes que van dirigidos a él, o, en caso contrario, retransmitir el mensaje al nodo siguiente.

Por otro lado, la velocidad de respuesta de la misma va decreciendo conforme el flujo de información es mayor; cuantas más estaciones intenten hacer uso de la red, más lenta será esta, pero en todo caso siempre se puede averiguar el tiempo máximo de respuesta en el peor de los casos. Este tipo de red es muy apropiada para un entorno industrial.



La configuración en anillo es muy atractiva para su uso en redes de área local por varias razones:

- Los problemas de encaminamiento (ruteo) se convierten en algo del pasado. Todos los mensajes siguen el mismo camino.
- La velocidad de la red es buena, ya que no hay colisiones por el medio físico. Sólo se está limitado por el ordenador más lento de todos.
- El control es bastante simple, requiriendo muy poca implementación de hardware o software.

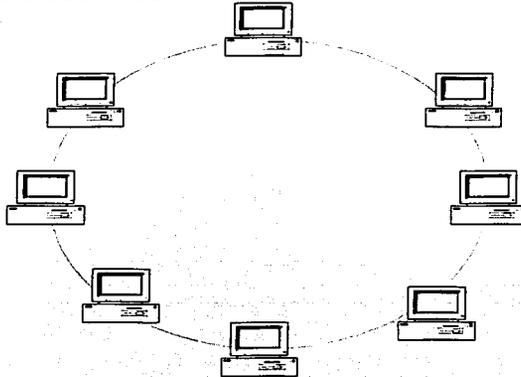


Figura 2.14. Topología en anillo

Una estructura en anillo, en su más pura configuración, es altamente susceptible al fallo de un nodo. Una falla en cualquier parte del anillo de comunicación deja bloqueada a la red en su totalidad. Para evitar estos problemas, se puede hacer uso de la red en su forma Token – Ring. En esta, se emplean concentradores en la configuración de la red, lo que permite una alta fiabilidad. El concentrador (MAU Media Access Unit: Unidad de Acceso al Medio) es un dispositivo al que se conectan todas las estaciones de la red. El anillo lógico discurre por dentro del concentrador, y cuando un nodo deja de funcionar, se cortocircuita la entrada, de este nodo, hacia la estación en el propio concentrador, reestableciendo el anillo. Aquí se puede notar que la estructura física de la red es una, y la estructura lógica de la red es otra.



Medios de Transmisión	Rango de Datos (Mbps)	Distancia entre Repetidores (Km)	Número de Repetidores
Par trenzado no apantallado	4	0.1	72
Par trenzado apantallado	16	0.3	250
Cable coaxial de banda base	16	1.0	250
Fibra óptica	100	2.0	240

Tabla 2.2 Medio de transmisión para redes locales: anillo

### 2.3.3. Topología en Bus

En esta topología, todas las estaciones están conectadas a un único canal de comunicaciones, por lo que toda la información circula por ese canal y cada estación se queda solamente con la información que va dirigida a ella.

El bus es muy conveniente para las redes debido a su bajo costo, pero está limitado en cuanto a la distancia. La topología en bus utiliza cable coaxial de bajo costo y una amplia variedad de controladores.

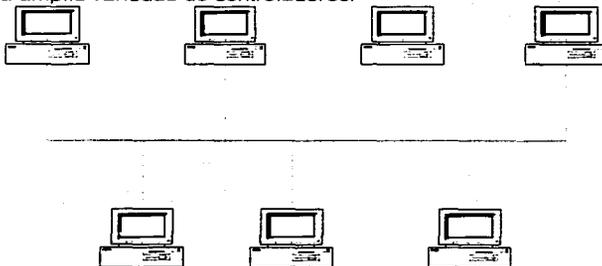


Figura 2.15. Topología en bus

El control de flujo del tráfico entre los nodos es relativamente simple, ya que el bus permite a todas las estaciones recibir todas las transmisiones. En las redes con estructura de Bus, a diferencia de lo que ocurre en las de anillo, cada nodo no actúa como repetidor de los mensajes, sino que simplemente ha de reconocer su propia dirección para capturar aquellos mensajes que, viajando por el Bus, van dirigidos a él. Cuando una estación deposita un mensaje en la red, éste es difundido a través del bus y todas las estaciones están capacitadas para recibirlo. Debido al hecho de compartir el medio físico, antes de transmitir un mensaje, cada nodo deberá de averiguar si el bus está disponible. Este es el inconveniente de

este tipo de redes, el control de flujo. Cuando más de una estación intenta transmitir a un tiempo, como sólo existe un bus, se producirá una colisión; únicamente una de ellas podría hacerlo a la vez; en estos casos, una vez que se ha detectado la colisión, las máquinas involucradas esperan un tiempo aleatorio y vuelven a transmitir.

Una ruptura en el bus deja la red dividida en dos segmentos inutilizables totalmente.

En las redes de bus, el control de flujo de información puede hacerse por el método de contienda (CSMA/CD: Carrier Sense Multiple Access/Collision Detection: Acceso Múltiple por Detección de Portadora/Detección de Colisiones) o por el paso de testigo (TOKEN BUS). La red Ethernet es en bus, con el control de flujo CSMA/CD.

### 2.3.4. Topología en árbol

En esta topología se tiene concentrado en el primer nivel (el más alto), el control de tareas y la resolución de los errores. En muchos casos se distribuyen dichos controles hacia los nodos inferiores para que, a su vez, tengan el control de los nodos que quedan debajo de ellos y de esta manera no saturan al nodo maestro. Una de las desventajas que presenta esta topología es la formación de cuellos de botella, con lo que puede verse considerablemente disminuida su fiabilidad.

Dependiendo de dónde se quieran anexas nodos, puede o no afectarse a algunos de los que ya estén conectados, por lo que no es muy recomendable para redes con un crecimiento importante a futuro. La comunicación entre nodos distantes puede provocar congestión.

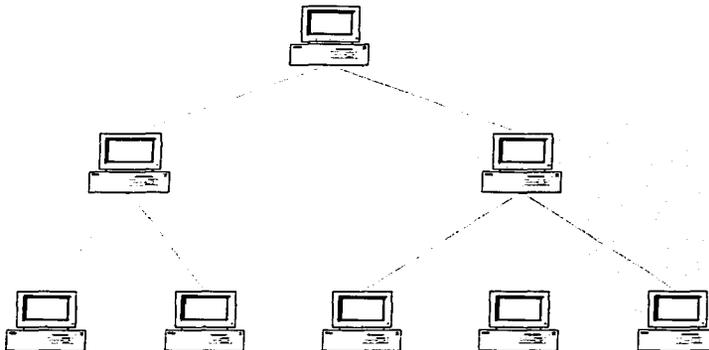


Figura 2.16 Topología en árbol.



Medios de Transmisión	Rango de Datos (Mbps)	Distancia (Km)	Número de tomas
Par trenzado	1-10	<2	10's
Cable coaxial de banda base	10; 50 con limitaciones	<3	100's
Cable coaxial de banda ancha	500; 20 por canal	<30	1000's
Fibra óptica	45	<150	500's

Tabla 2.3 Medio de transmisión para redes locales: bus/árbol

## 2.4. Estándares

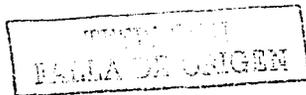
### 2.4.1. Normas IEEE

El instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE) ha establecido seis comités para el desarrollo de estándares para redes de área local (LAN), en conjunto, estos grupos son llamados los Comités para Estándares de LAN's IEEE 802.X.

- 802.1 – Higher Layers and Manager (HLI). Estándar para redes de área local y urbana. Generalidades y arquitectura. Direccionamiento, funcionamiento interno y gestión de las Redes de Área Local.
- 802.2 – Local Link Control (LLC). Estándar para Redes de Área Local, control de enlace lógico.
- 802.3 - CSMA/CD (Ethernet) Método de acceso y especificación del nivel lógico.
- 802.4 – Bus con paso de testigo (Token Passing Bus) Método de acceso y especificación del nivel físico.
- 802.5 – Anillo con paso de testigo (Token Passing Ring) Método de acceso y especificación del nivel físico.
- 802.6 – Metropolitan Area Network (MAN). Estándar para Redes de Área Metropolitana.
- 802.7 – Estándar para redes de Área Local en banda ancha.
- 802.8 – Estándar para fibra óptica.

### IEEE 802.2 – Control de Enlace Lógico

Con el fin de servir a varios métodos de acceso a una LAN, la comisión del proyecto IEEE 802 diferencia dos sub-niveles dentro del nivel de enlace de datos de OSI: Un sub-nivel LLC (Logical Link Control) o de control de Enlace Lógico, y un sub-nivel MAC (Media Access Control) o de Control de Acceso al Medio, como se observa en la figura 2.17a. El grupo de trabajo 802.2 ha definido los procedimientos de control LLC, básicamente igual a los procedimientos DIC de Acceso al Enlace X.25 de la CCITT en modo balanceado que se utiliza en redes igualmente estructuradas, en las que cualquier estación puede originar una comunicación directa con cualquier otra.



El LLC proporciona dos tipos básicos de servicio. El servicio tipo 1 implica funcionamiento "desconectado" sin reconocimiento (confirmación), en el cual la estación fuente envía un mensaje a otra estación (o estaciones) sin tener establecida una conexión lógica para la sucesión y el reconocimiento de mensajes. Este modo de funcionamiento está previsto para transmitir mensajes no esenciales y para sistemas con niveles superiores, que proporcionan recuperación de errores y funciones de sucesión (como ocurre en Ethernet). El tipo 2 es el servicio de comunicaciones de datos más convencional, que establece conexiones lógicas entre dos LLC. Cada LLC puede enviar y recibir tanto mensajes como respuestas. Además, cada LLC tiene la responsabilidad de asegurar la entrega completa y exacta de los mensajes que envía.

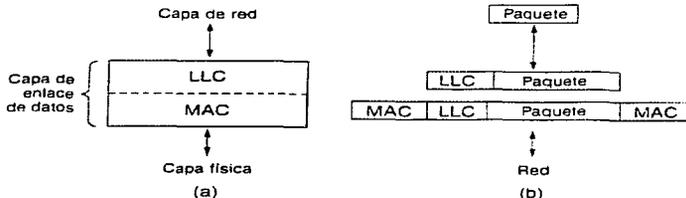


Figura 2.17 (a) Posición del LLC, (b) Formatos de protocolo

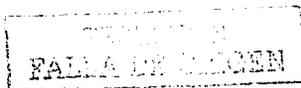
### IEEE 802.3 – CSMA/CD (Ethernet)

El método más conocido para el control de una red de área local con una estructura de bus es el método de Acceso Múltiple con Escucha de Portadora (CSMA – Carrier Sense Multiple Access) Este método está ampliamente utilizado en Ethernet.

Ethernet fue desarrollado a través de los esfuerzos conjuntos de XEROX, DIGITAL EQUIPMENT CORPORATION e INTEL CORPORATION. Una vez concluido el trabajo de estas tres grandes compañías, esta especificación fue introducida en IEEE como 802.3.

<i>Topología Bus</i>	
Medio físico.	Cable longitud de 90 mts.
Medio de transmisión	Banda Base o Banda Ancha.
Método de acceso.	CSMA/CD.
Número máximo de nodos.	1024
Longitud máxima de transmisión.	10 Mbps ó 100 Mbps.
Longitud máxima entre nodos.	2.5 Km.

Tabla 2.4 Características en Topología Bus



### Características eléctricas

Los datos se codifican en Manchester. Este código de línea suministra una componente de sincronización robusta para recuperar el reloj, porque siempre se producen transmisiones a mitad de un BIT. El código de línea Manchester presenta, además, la propiedad adicional de que siempre mantiene igual cantidad de voltajes positivos y negativos. Así se evita el esfuerzo de la componente continua, y se simplifica la realización de umbrales de decisión en los detectores de datos.

Aunque los datos se transmiten sin portadora, las continuas transiciones del código Manchester proporcionan el equivalente a una portadora, con lo que es sencillo monitorear el canal para ocuparlo (por ejemplo, mediante la técnica de detección de portadora) Se habilita el acceso múltiple al coaxial por bifurcaciones pasivas, con lo que se permite añadir o cambiar conexión a estaciones sin provocar interrupciones en el sistema.

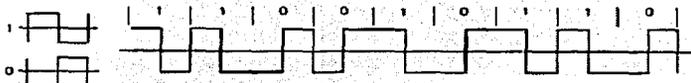


Figura 2.18. Código de línea bipolar digital (Manchester)

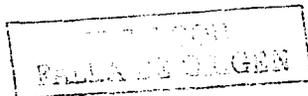
Otro requisito del enlace de transmisión es que, cualquier equipo debe ser capaz de detectar la existencia de un transmisor activo. A esto se le llama detección de colisión. Por todo ello, los tres niveles básicos para acceder a Ethernet se denominan CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access With Collision Detection – Acceso múltiple con Escucha de Portadora con Detección de Colisiones).

Cuando una estación en la red está preparada para enviar un paquete de información, primero escucha la actividad en el cable para ver si otro paquete está siendo transmitido por otra estación. Si no oye otra señal en la línea, transmitirá el paquete de información. Si oyera otra señal, esperaría un tiempo aleatorio, comprobaría la línea otra vez, y enviaría el paquete de datos cuando estuviera libre.

En la practica siempre existe la posibilidad de que dos o más estaciones intenten transmitir el mismo tiempo lo cual provocaría una colisión. Al detectarse dicha colisión, las estaciones involucradas esperan un período de tiempo aleatorio, para reducir la probabilidad de volver a colisionar, y vuelven a transmitir de nuevo.

El acceso a la red es aleatorio, y no garantizado. A causa del Acceso Múltiple, el método CSMA/CD es probabilístico, es decir, que una estación tiene cierta probabilidad de acceso a la red en un intervalo dado de tiempo, pero nunca una garantía.

En una red ocupada por un intenso tráfico de información, la degradación en el funcionamiento aumenta rápidamente debido a que las colisiones entre paquetes aumenta y la red se acerca a un punto de saturación. Con estos puntos en mente, el método de acceso llamado, Acceso Múltiple con escucha de portadora con detección de colisiones (CSMA/CD) hace el censado. Las computadoras escuchan



o escuchan el cable (Carrier-Sense). Hay usualmente muchas computadoras en la red tratando de transmitir datos (Multiple Access) mientras al mismo tiempo escuchan para ver si una colisión ocurrió, que cause que esta espere antes de transmitir (Collision Detection).

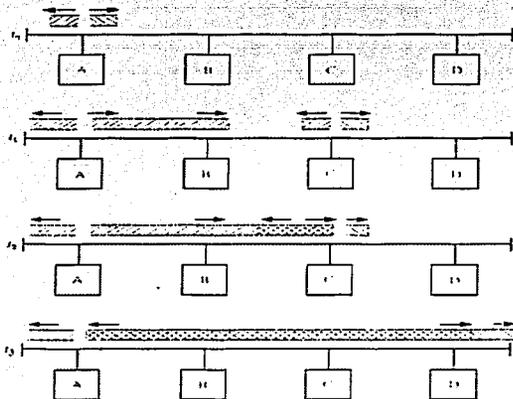


Figura 2.19. Operación CSMA/CD

**Características del medio físico**

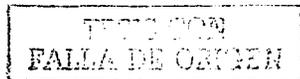
- La máxima longitud de un segmento de cable coaxial es de 500 mts.
- El cable debe ser terminado, con una impedancia de  $50 \pm 2$  ohms.
- Velocidad máxima 10 Mbits/s.
- Un máximo de 5 segmentos (con cuatro repetidores)
- El número permitido de estaciones es de 100 para cable 10base5 y 30 para 10base2.

La IEEE definió varias clases de cableado para la norma 802.3 utilizando el formato que a continuación se describe:

**XXBBBBYY**

Donde:

- BBBB** – Es el método de señalización:  
**BASE** – Banda Base  
**BROAD** – Banda Ancha.
- YY** – Longitud del segmento en centenares de metros.



Tipo de cable y nombre	Capacidad	Nombre técnico
Thick Ethernet (grueso)	10 Mbits/s	10BASE5
Thin Ethernet (delgado)	10 Mbits/s	10 BASE2
Broadband	10 Mbits/s	10BROAD3
Twisted Pair (trenzado)	10 Mbits/s	10BASET

### Token-Passing Ring (802.5)

La recomendación 802.5 del IEEE define la red Token-Ring elegida por IBM como su tipo de LAN, dentro de la topología en anillo. Un diagrama de arquitectura general se muestra a continuación.

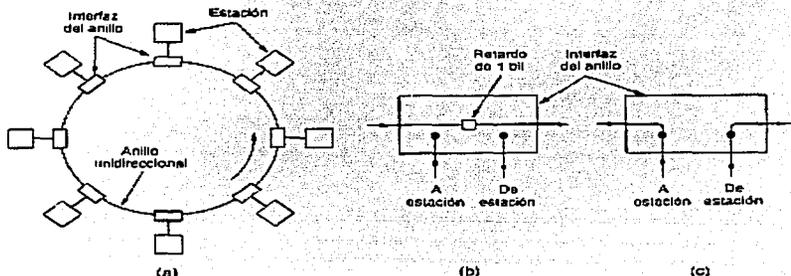
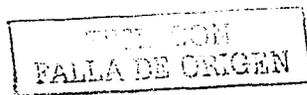


Figura 2.20 Red en anillo

En esta configuración el medio lo constituyen enlaces punto a punto entre las estaciones; cada una recibe los datos y los retransmite si no son para ella. Mientras no haya nadie que transmita, circulará un pequeño paquete de bits llamado Token (testigo) que será continuamente retransmitido por las estaciones sin mensajes por enviar. Cuando una lo recibe y desea transmitir, lo toma retrándolo de la circulación y colocando en el enlace el paquete de datos que desea enviar, sumándole una cabecera con la dirección del receptor (a esto se le denomina trama o frame); al concluir la transmisión retira los datos del medio, repone el token y lo envía hacia la siguiente estación.

En la figura 2.20 observamos que el servidor muestra la transmisión de datos. Este toma el control del token libre sobre el ring y envía el dato a la computadora con una dirección.

Mientras el token esta en uso en una computadora, las otras computadoras no pueden transmitir datos. Porque solamente una computadora en un tiempo puede usar el token, no hay contención, ni colisiones y no hay tiempo de espera por las computadoras para el reenvío de token, debido al trafico de la red. Cada computadora actúa como un repetidor unidireccional y regenera el token.



Los datos recorren el ring hasta encontrar la computadora con la dirección igual a la dirección destino en el frame. La computadora de destino copia el frame en el buffer receptor y marca el frame en el campo de status para indicar que la información fue recibida.

La trama continúa su recorrido alrededor del ring hasta llegar a la computadora transmisora, la cual recibe un acuse de recibo como OK. La computadora transmisora entonces remueve el frame del ring y transmite un nuevo token sobre el ring.

Topología Anillo	
Medio físico:	Cable de par trenzado (UTP)
Medio de transmisión:	Banda Base.
Método de acceso:	Token Passing.
Número máximo de nodos:	250
Velocidad máxima de transmisión:	a) 4 Mbps Tamaño de la trama de 4500 bytes. b) 16 Mbps Tamaño máximo de la trama de 18000 bytes
Longitud máxima entre nodos:	150 mts

#### Características de la topología en anillo

En el caso de las redes Token-ring, de IBM, la red no necesariamente tiene que conformar un anillo físico, aunque la topología lógica es la de tal, ya que la MAU actúa como el centro de una estrella-anillo situada en la red, soportando hasta 8 terminales, utilizando una de las salidas para conectar otra MAU (en cascada). En caso de alguna incidencia en las terminales conectadas a la MAU, ésta lo detecta y elimina la terminal de la red, cortocircuitando los extremos para mantener el anillo.

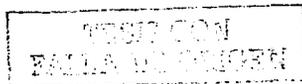
Una de las funciones más importantes que ha de realizar una MAU es la reconfiguración dinámica del anillo cuando deja de estar conectado a la red (por ejemplo al desconectar un ordenador).

Esta función se realiza por medio de relevadores que anulan la entrada del ordenador desconectado, estableciendo de nuevo el anillo conductor.

La arquitectura de topología en estrella presenta claras ventajas a la hora de diagnosticar problemas:

- La MAU permite un rápido acceso a ambos extremos del cableado para un rápido chequeo.
- Un nodo problemático o un centro de conexión puede fácilmente eliminarse al poder reinstalar las conexiones en el panel central.

Las velocidades están comprendidas entre 1 y 16 Mbits/s, 4 Mbits/s es la más común; la máxima distancia entre estaciones es de 100 metros; el retardo de propagación está limitado y condicionado por las lecturas que haga cada estación del token (un bit) y por la longitud del enlace. Un anillo soporta hasta 250 estaciones, aunque la red puede extenderse más allá de los límites mediante el empleo de puentes (bridges) y ruteadores (routers).



Con tráfico relativamente intenso opera más eficientemente, en comparación con la CSMA/CD, ya que, en caso de alta carga, la degradación es lineal, al no haber colisiones, al contrario de lo que sucede en la otra. Se recomienda su utilización cuando el tráfico generado por las estaciones es prácticamente continuo; en el caso de que el tráfico generado sea a ráfagas, se recomienda el empleo de una red CSMA/CD.

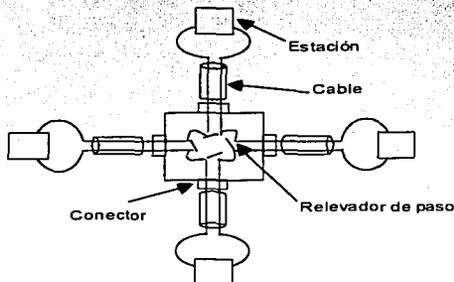


Figura 2.21 MAU

### FDDI (Fiber Distributed Data Interface – Interfase de Datos Distribuidos por Fibra)

La técnica FDDI se emplea para la constitución de redes MAN, es del tipo de paso de testigo en anillo con alto rendimiento, operando a 100 Mbits/s. Cubre superficies de hasta 100 Km de radio, pudiendo tener un máximo de 1000 estaciones conectadas.

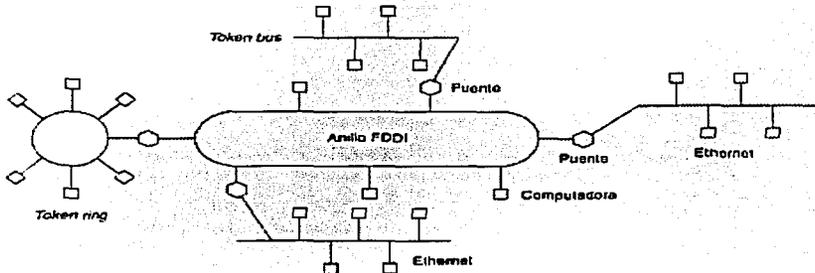
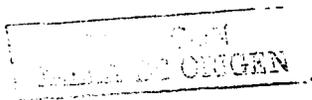


Figura 2.22 Anillo FDDI utilizado como backbone para conectar LAN y computadoras



Se puede utilizar como una red de área local tipo IEEE 802, pero teniendo en cuenta su gran ancho de banda, generalmente se emplea como red troncal para la interconexión de LAN del tipo 802.3 y 802.5.

FDDI utiliza un doble anillo (primario y secundario) de fibra óptica, éste último como respaldo en caso de fallo del anillo primario. Los datos circulan en sentidos opuestos en cada anillo para facilitar la reconfiguración en caso de rotura de uno de ellos, siendo posible construir redes FDDI con un único anillo.

Existen dos versiones completamente distintas de la norma FDDI: FDDI-I y FDDI-II. La primera es la que se emplea comúnmente, contando con un gran número de proveedores en el ámbito mundial, mientras que la segunda aún está en fase de experimentación. FDDI-II mantiene la funcionalidad de FDDI-I, permitiendo, además, manejar datos provenientes de la conmutación de circuitos con tramas PCM (Pulse Code Modulation) o RDSI para tráfico de voz.

### **Sistema ARCNet**

Computadoras en Red con Recursos Conectados (ARCNet: Attached Resource Computer Network) es uno de los sistemas de redes más antiguos. Fue desarrollado en 1977 por DATAPOINT CORPORATION.

Las razones del porqué ARCNet es tan importante sin estar dentro de la IEEE, es por su fiabilidad, flexibilidad y facilidad de instalación, funcionamiento y facilidad de localización de fallas.

ARCNet con sus 2.5 Mbps de velocidad no es la más rápida disponible. Por su protocolo de Token-Passing, proporciona un funcionamiento muy razonable que no se degrada bajo un tráfico pesado, como ocurre con una red Ethernet CSMA/CD.

ARCNet proporciona un alto grado de estandarización, permitiendo la coexistencia de diferentes hardwares ARCNet de diversos fabricantes.

La topología estándar para ARCNet es en estrella, aunque también puede usarse en bus, o en una combinación de ambas a la que podemos denominar de estrella distribuida con las estaciones ARCNet conectadas a un dispositivo central llamado concentrador (HUB) Existen dos tipos de Hubs para ARCNet: Activos y Pasivos.

Un Hub activo es una unidad con su propia alimentación que actúa como un dispositivo de distribución y amplificador de señal. Un Hub pasivo, en cambio, sólo distribuye la señal sobre distancias pequeñas (sin amplificar) Estos sólo tienen 4 puertos de conexión, para 4 tarjetas de red ARCNet.

Los Hubs activos pueden tener entre 8 y 64 puertos. Si utilizamos Hubs activos como repetidores de señal, una red ARCNet puede llegar a tener una distancia máxima de 6 000 metros entre nodos.

ARCNet transmite todas las señales a través de toda la red simultáneamente. Esto se debe a que ARCNet usa una topología de bus lógico, donde todos los dispositivos comparten el mismo cable, haciendo posible que todo dispositivo de la red pueda hablar y oír a todos los demás dispositivos de la red. En el diseño de Token-Ring esto no es posible, ya que las estaciones sólo pueden hablar a las que están directamente conectadas. Al utilizar el método de transmisión broadcast, o de difusión a lo largo de toda la red, ARCNet elimina la necesidad de cada estación de actuar como repetidor, como es necesario en la topología Token-Ring.



El ahorro en carga de trabajo es considerable ya que cada estación puede escuchar los mensajes dirigidos a ella e ignorar al resto.

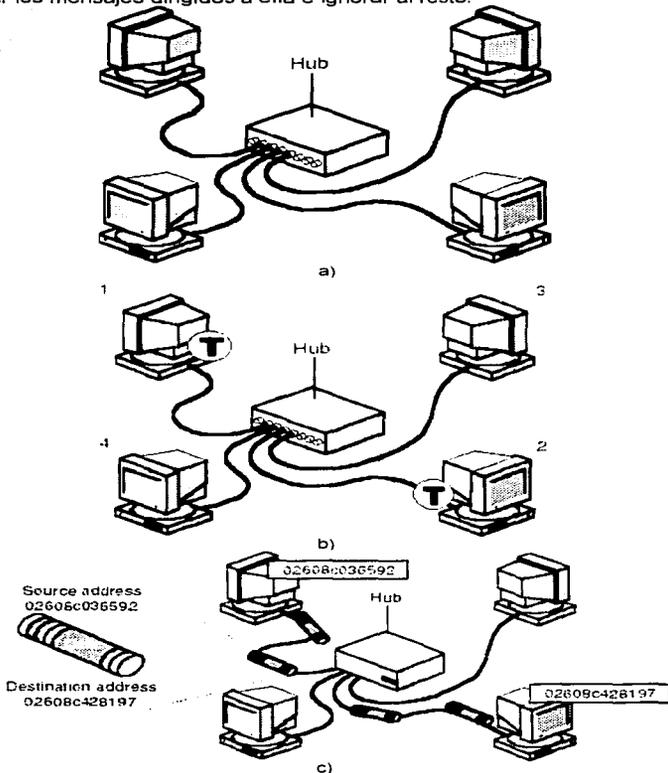


Figura 2.23 ARCNet a) Configuración física, b) Máquina origen y máquina destino. c) Paquete ARCNet con direcciones origen y destino

ARCNet utiliza un método de Token-Passing Lógico para controlar el acceso al cable. Como en el sistema Token-Ring, un token se envía de estación a estación en un orden predeterminado. Si una estación tiene posesión del token, puede enviar un paquete de información. Si no posee el token, debe esperar a que le sea pasado el token desde la estación anterior antes de que pueda transmitir. El sistema ARCNet Token-Passing garantiza un acceso regular a la red.

Cada estación ARCNet tiene una dirección de 1 a 255, establecida por un conmutador en su tarjeta de red. Cada estación ARCNet escribe la dirección de la próxima estación más alta en su registro Next ID (NID – Próxima identificación) El token, el cual actúa como un permiso para transmitir, es enviado por cada estación a la estación cuya dirección está en su registro NID. Cuando una estación posee el token, puede elegir enviar un paquete de datos a otra estación. Después de que envía un paquete (y recibe confirmación), o si elige no enviarlo, difunde el token a lo largo de la red a la estación cuya dirección está en su registro NID. La estación direccionada confirma la recepción del token y empieza el proceso otra vez.

ARCNet tiene una velocidad de transmisión más baja que 802.5, sobrepasa a menudo a sus rivales de Token Ring ya que el protocolo Token Passing es más eficiente.

Las redes Token Ring necesitan pasar el token, procesarlo y regenerarlo por cada estación, entre la transmisora y receptora de la red. ARCNet difunde los paquetes de datos, ignorando todos los nodos de la red a excepción de la dirección destino. Asimismo, el diagnóstico de fallos es mucho más fácil en ARCNet. A causa de su topología en estrella, es fácil desconectar sesiones enteras de la red para aislar el fallo. Además, existen en el mercado productos de software muy baratos que ayudan en la localización de las fallas.

### **IEEE 802.11 Redes LAN inalámbricas (Wireless LAN o WLAN)**

Este estándar fue diseñado como un sistema de transmisión entre dispositivos utilizando ondas de radio frecuencias (RF) en lugar de la infraestructura de cable, y proveer movilidad, soluciones de costo efectivo, reducir significativamente el costo de instalación de la red por usuario. Arquitecturalmente, WLANs usualmente actúa como un enlace final entre equipo final de usuario y la estructura cableada o computadoras corporativas, servidores o ruteadores.

El estándar no solo define las especificaciones, también incluye una amplia gama de servicios incluidos:

- Soporte de servicios de entrega asíncronos y de tiempo limitado (de tiempo crítico).
- Continuidad de servicio dentro de áreas extendidas vía el Sistema Distribuido, tal como Ethernet.
- Alojamiento de rangos de transmisión.
- Soporte de la mayoría de aplicaciones comerciales.
- Servicios multicast (broadcast incluido).
- Servicios de administración de red.
- Servicios de registro y autenticación.

El ambiente designado del estándar incluye:



- El interior de los edificios tales como oficinas, centros de convenciones, salas de aeropuertos, salones de descanso, hospitales, plantas y residencias.
- Áreas exteriores, tales como estacionamientos, campus, complejos de edificios y plantas exteriores.

### Topología WLAN

802.11 soporta tres topologías básicas para WLANs: el juego de servicio básico independiente (IBSS: Independent Basic Service Set), el juego de servicio básico (BSS: Basic Service Set) y el juego de servicio extendido (ESS: Extended Service Set). Las tres configuraciones están soportadas por la implementación de la capa MAC.

El estándar 802.11 define dos modos: *ad hoc/IBSS* y modo de *infraestructura*. Lógicamente, la configuración ad-hoc es análoga a la red de oficina de par a par (peer-to-peer) en la cual ningún solo nodo es requerido para funcionar como servidor. IBSS WLANs incluye un número de nodos o estaciones inalámbricas que se comunican directamente con alguna otra sobre una base ad-hoc o peer-to-peer, construyendo una topología parcial o completamente mallada. Generalmente, las implementaciones ad-hoc cubren un área limitada y no están conectadas a alguna red grande.

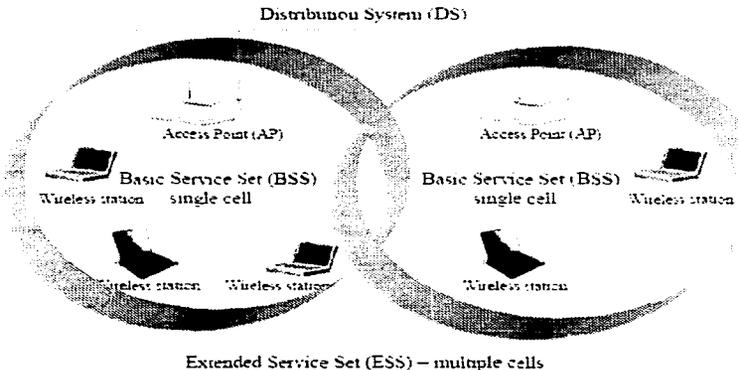
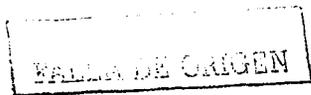


Figura 2.24. Topologías BSS y ESS del IEEE 802.11

Usando el modo de infraestructura, las redes inalámbricas consisten de al menos un punto de acceso (AP: Access Point) conectado a la infraestructura de red cableada y un grupo de estaciones terminales inalámbricas. Esta configuración es



llamada un Conjunto de Servicio Básico (BSS: Basic Service Set). La comunicación entre dos nodos, A y B, fluye del nodo A al AP y de este al nodo B. El AP es necesario para realizar una función de puente y conectar múltiples células o canales WLAN, y para conectar células WLAN a la LAN cableada empresarial.

Un Conjunto de Servicio Extendido (ESS: Extended Service Set) es un conjunto de dos o más BSS's formando una subred única. Las configuraciones ESS consisten de múltiples células BSS que pueden ser encadenadas por otro backbone cableado o inalámbrico. El IEEE 802.11 soporta configuraciones ESS en las cuales múltiples células usan el mismo canal, y usan diferentes canales para potenciar el flujo agregado.

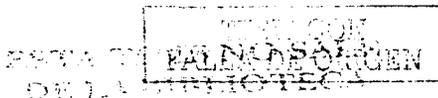
### Componentes WLAN

802.11 define dos piezas de equipo: una estación inalámbrica, la cual es usualmente una PC equipada con una tarjeta interfaz de red (NIC) inalámbrica y un punto de acceso (AP), el cual actúa como un puente entre la red cableada y la inalámbrica. Un punto de acceso usualmente consiste de una radio, una interfaz a la red cableada y software de puenteo de conformidad con el estándar de puenteo 802.11d. El punto de acceso actúa como la estación base para la red inalámbrica, agregando acceso para múltiples estaciones inalámbricas sobre la red cableada. Las estaciones inalámbricas finales pueden ser tarjetas de PC 802.11. PCI o NIC's ISA, o soluciones integradas en clientes no PC's (como puede ser un aparato telefónico basado en 802.11).

Uhy77na WLAN 802.11 está basada en una arquitectura celular. Cada célula (BSS) está conectada a la estación base o AP. Todos los AP's están conectados a un sistema de distribución (DS: Distribution System) el cual es similar a un backbone, usualmente Ethernet o inalámbrico. Todos los componentes mencionados aparecen como un sistema 802 para las capas superiores de OSI y son conocidos como el ESS.

El estándar 802.11 no restringe la composición del sistema de distribución: por lo tanto, puede ser que cumpla con 802 o sin estándar. Si las tramas de datos necesitan transmisión de y hacia una LAN que no es 802.11, entonces estas tramas, como está definido por el estándar 802.11, entran y salen a través de un punto lógico llamado un *Portal*. El Portal provee integración lógica entre las LAN's cableadas existentes y las LAN 802.11, cuando el sistema de distribución es construido con componentes tipo 82, como 802.3 (Ethernet) u 802.5 (Token Ring), entonces el portal y el punto de acceso son lo mismo, actuando como un puente de traslado.

El estándar 802.11 define el sistema de distribución como un elemento que interconecta el BSS's dentro del ESS via los puntos de acceso. El sistema de distribución soporta los tipos de movilidad 802.11 al proveer los servicios lógicos necesarios para manejar mapeo de origen-a-destino e integración sin costuras de múltiples BSS's. Un punto de acceso es una estación direccional, proveyendo una interfaz al sistema de distribución para las estaciones localizadas dentro de varios BSS's. Las redes BSS's y ESS's independientes son transparentes a la capa del Control Logico del Enlace (LLC).



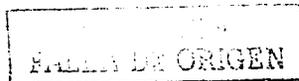
### Capa física del IEEE 802.11

En la capa física, el IEEE 802.11 define tres técnicas físicas para redes de área local inalámbricas: infrarrojo difuso (IR), espectro disperso de salto de frecuencia (FH o FHSS) y espectro disperso de secuencia directa (DS o DSSS). Mientras la técnica infrarroja opera en banda base, las otras dos técnicas basadas en radio operan en la banda de 2,4 GHz. Pueden ser usadas para operar dispositivos LAN inalámbricos sin la necesidad de licencias de usuario final. Para que los dispositivos inalámbricos sean inter operables, deben ajustarse al mismo estándar físico. Las tres técnicas especificadas soportan rangos de 1 a 2 Mbps.

### Servicios de la capa MAC de 802.11

La capa MAC provee varios servicios para administrar autenticación, de-autenticación, privacidad y transferencia de datos:

- Autenticación: por defecto, los dispositivos IEEE 802.11 operan en un sistema abierto, donde esencialmente cualquier cliente inalámbrico puede asociarse con un AP sin checar sus credenciales. La autenticación verdadera es posible con el uso de la opción del 802.11 conocida como Wired Equivalent Privacy o WEP (Privacidad Equivalente a la Cableada), donde una llave compartida es configurada en el AP y sus clientes. Solamente a estos dispositivos con una llave compartida válida se les permitirá asociarse con el AP.
- De-autenticación: la función de de-autenticación es desempeñada por la estación base. Este es un proceso de denegar las credenciales del cliente, basado en configuraciones incorrectas de autenticación, o aplicando filtros IP o MAC.
- Asociación: el servicio de asociación habilita el establecimiento de enlaces inalámbricos entre clientes inalámbricos y AP's en redes de infraestructura.
- Des-asociación: es el servicio que cancela los enlaces entre clientes inalámbricos y AP's en redes de infraestructura.
- Re-asociación: este servicio ocurre en adición a la asociación cuando un cliente inalámbrico se mueve de un BSS a otro. Dos BSS's inmediatos de un ESS si están definidos por un ESSID común, proveen a un cliente inalámbrico con la capacidad de vagar de un área a otra. Aunque la re-asociación está especificada en 802.11, el mecanismo que permite la coordinación de un AP a otro para manejar el *roaming* no está especificado.
- Privacidad: por defecto los datos son transferidos en el claro, permitiendo a cualquier dispositivo que cumpla con 802.11 potencialmente escuchar el tráfico sobre el medio físico similar de 802.11 dentro del rango. La opción WEP encripta los datos antes de enviarlos inalámbricamente, usando un código de encriptamiento de 40 bits conocido como RC4, la misma llave compartida usada en autenticación es usada para encriptar y desencriptar los datos, permitiendo solo a los clientes inalámbricos con la llave exacta desencriptar los datos.
- Transferencia de datos: el servicio primario de la capa MAC es proveer el intercambio de tramas entre las capas MAC. Los clientes inalámbricos utilizan un algoritmo conocido como Acceso Múltiple con Detección de



Portadora con Evasión de Colisiones (CSMA/CA: Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance) como esquema de acceso al medio.

- **Distribución:** la función de distribución es desempeñada por el DS y esto es usado en casos especiales de transmisión de tramas entre AP's.
- **Integración:** esta es una función desempeñada por el *portal*, donde esencialmente el portal está diseñado para proveer integración lógica entre las LAN's cableadas y las LAN's 802.11.
- **Administración de potencia:** el IEEE 802.11 define dos modos de potencia: un modo *activo*, donde un cliente inalámbrico está energizado para transmitir y recibir; y un modo de *ahorro*, donde un cliente no es capaz de transmitir o recibir, consumiendo poca potencia. El consumo actual de potencia no está definido y depende de la implementación.

### **Acercamiento al roaming, la asociación y la movilidad**

La capa MAC del 802.11 es responsable de cómo se asocia un cliente con un AP. El estándar incluye mecanismos para permitir a un cliente vagar entre múltiples AP's que pueden estar operando en el mismo o en canales separados. Cada AP transmite una señal faro que incluye una marca de tiempo para la sincronización del cliente, un mapa de indicación de tráfico, una indicación de rangos de datos soportados y otros parámetros. Los clientes del roaming usan el faro para medir la potencia de su conexión existente a un AP. Si la conexión es considerada débil, la estación que vaga puede intentar ella misma asociarse con un nuevo AP. Primera realizará una función de barrido para localizar un nuevo AP en el mismo o en diferente canal.

Las acciones específicas que ocurren cuando un usuario pasa de un AP a otro son como siguen:

1. La estación envía una petición de re-asociación a un nuevo AP.
2. Si la respuesta de re-asociación es exitosa, entonces la estación es cambiada al nuevo AP, en caso contrario, busca otro AP.
3. Si un AP acepta una petición de re-asociación, el AP indica la re-asociación al DS, la información de DS es actualizada y el anterior AP es notificado a través del DS.

### **Interoperabilidad de dispositivos inalámbricos en 802.11**

La estandarización e interoperabilidad entre dispositivos que usan el mismo medio físico es la intención de la especificación IEEE 802.11. A nivel físico, los tres esquemas de modulación son incompatibles con cualquier otro, así que los clientes inalámbricos infrarrojos no se sincronizarán a un AP DSSS. Sin embargo, siempre entre dispositivos en el mismo medio físico, unos cuantos ingredientes importantes son necesarios para lograr la interoperabilidad entre distintas marcas pero están ausentes del actual estándar ratificado. Ejemplos de estas limitaciones son las siguientes:

1. El estándar no especifica el mecanismo de handoff para permitir a los clientes pasar de un AP a otro.
2. El estándar no establece como un AP va a direccionar las tramas de datos entre el medio cableado y el inalámbrico.



3. No hay un paquete específico de pruebas para verificar que un dispositivo cumple con la especificación 802.11. Las demandas de los vendedores de cumplir con el estándar 802.11 deberían ser ratificadas por una tercera parte neutral.

### **Seguridad para la salud**

Todas las WLAN's deben encontrar un gobierno severo y cumplir con los estándares de la industria en seguridad. Todavía, hay aumento de la preocupación a través de un número de industrias de tecnologías inalámbricas, con respecto a los riesgos a la salud por usar tecnologías inalámbricas. A la fecha, los estudios científicos no han podido atribuir efectos nocivos a las salud a las transmisiones de las WLAN's. La potencia de salida está limitada por las regulaciones de la FCC por debajo de los 100 mW, mucho menos que en un teléfono móvil. Se espera que cualquier efecto en la salud relacionado a las transmisiones de radio, deben correlacionarse con la potencia y proximidad física al transmisor.

## **2.5. TECNOLOGÍAS IP**

### **2.5.1. Fast Ethernet**

El término Ethernet Rápida (Fast Ethernet) se aplica a las LAN que operan por arriba de la velocidad convencional de cable de 10 Mbps, lo que implica el uso de switches Ethernet. Se suponía que la FDDI debía ser la LAN de la siguiente generación, pero realmente nunca se extendió su uso más allá del mercado de *backbone*. La administración de estaciones era demasiado complicada, lo que condujo a *chips* complejos y altos precios. El costo considerable de los *chips* FDI evitó que los fabricantes de estaciones de trabajo se prestaran a hacer de la FDI la red estándar, por lo que la producción en volumen jamás se dio y la FDI nunca entró en el mercado de masas. La lección que se debió aprender aquí fue la de mantener las cosas simples.

En cualquier caso, la incapacidad de para despegar de la FDI dejó un espacio para una LAN ordinaria con velocidades por encima de 10 Mbps. Muchas instalaciones necesitaban más ancho de banda y por tanto tenían muchas LAN de 10 Mbps conectadas mediante una maraña de repetidores, puentes, ruteadores y pasarelas, aunque para los administradores de red a veces parecía que se mantenían unidos con goma de mascar y alambre de gallinero.

Fue en este ambiente que el IEEE volvió a convocar en 1992 al comité del 802.3, con instrucciones de inventar una LAN más rápida. Una propuesta fue mantener el 802.3 exactamente como estaba, pero hacerlo más rápido. Otra propuesta fue rehacerlo por completo para darle muchas características nuevas, como tráfico en tiempo real y voz digitalizada, pero manteniendo su viejo nombre (por cuestiones de mercadeo). Tras algún forcejeo, el comité decidió mantener el 802.3 como estaba, pero hacerlo más veloz. La gente que apoyaba la propuesta perdedora hizo lo que haría cualquier persona en la industria de la computación en estas circunstancias: formó su propio comité y desarrolló el estándar de su propia LAN (que es el 802.12).

Las tres razones principales por las que el comité del 802.3 decidió diseñar una LAN 802.3 mejorada fueron:

1. La necesidad de compatibilidad hacia atrás con miles de LAN existentes.
2. El temor a que un protocolo nuevo tuviera problemas imprevistos.
3. El deseo de terminar el trabajo antes que cambiara la tecnología.

El trabajo se hizo con rapidez (según las normas de los comités de estándares), y el resultado, el *802.3u*, fue aprobado oficialmente por el IEEE en junio de 1995. Técnicamente, el *802.3u* no es un estándar nuevo, sino una adición al estándar *802.3* existente.

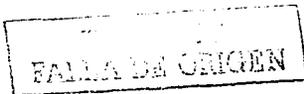
El concepto principal en que se basa el Ethernet rápido es sencillo: el mantener todos los formatos de paquete, interfaces y reglas de procedimientos anteriores, y simplemente reducir el tiempo de bit de 100 nseg a 10 nseg. Técnicamente, habría sido posible copiar el 10Base-5 o el 10Base-2 y aún detectar colisiones a tiempo con sólo reducir la longitud máxima del cable por un factor de 10. Sin embargo, las ventajas del alambreado 10Base-T fueron tan contundentes, que el Ethernet rápido se basa completamente en este diseño. Por tanto, todos los sistemas Ethernet rápido usan concentradores; no se permiten cables de derivación múltiple con derivaciones vampiro ni conectores BNC.

Nombre	Cable	Segmento máximo	Ventajas
100Base-T4	Par trenzado	100 m	Usa UTP categoría 3
100Base-Tx	Par trenzado	100 m	Dúplex integral a 100 Mbps
100Base-F	Fibra óptica	2,000 m	Dúplex Integral a 100 Mbps; tramos grandes

Figura 2.25. Cableado de Fast Ethernet

Sin embargo, aún tenían que tomarse algunas decisiones, siendo la más importante el tipo de cables a manejar. Un contendiente fue el par trenzado categoría 3. El argumento a su favor fue que prácticamente todas las oficinas del mundo occidental tienen cuando menos cuatro pares trenzados categoría 3 (o mejor) tendidos a un gabinete de alambreado telefónico en un alcance de 100 metros. A veces existen dos de tales cables. Por lo tanto, el uso de par trenzado categoría 3 posibilitaría el alambreado de computadoras de escritorio usando Ethernet rápido sin tener que recablear completamente el edificio, una ventaja enorme para algunas organizaciones. La desventaja principal del par trenzado categoría 3 es la incapacidad de conducir señales de 200 megabaud (100 Mbps con codificación Manchester) a 100 metros, la distancia máxima de computadora a concentrador especificada para 10Base-T (véase la figura 2.25). En contraste, el par trenzado categoría 5 puede manejar fácilmente los 100 metros, y la fibra puede llegar mucho más lejos. La media escogida fue permitir las tres posibilidades, como se muestra en la figura 2.25, pero mejorar la solución de categoría 3 para darle la capacidad de conducción adicional necesaria.

El esquema UTP categoría 3, llamado 100Base-T4, usa una velocidad de señalización de 25 MHz, sólo 25% más rápida que los 20 MHz del 802.3 estándar. Para lograr el ancho de banda necesario, el 100Base-T4 requiere cuatro pares trenzados. Dado que el alambrado telefónico estándar ha tenido durante décadas cuatro pares trenzados por cable, la mayoría de las oficinas pueden manejar esto. De los cuatro pares trenzados, uno siempre va al concentrador, uno más siempre viene del concentrador y los otros dos son conmutables a la dirección actual de transmisión. Para conseguir el ancho de banda necesario, no se usa codificación Manchester, pues con los relojes modernos y distancias tan cortas ya no es necesario. Además, se envían señales ternarias, por lo que durante un solo periodo de reloj el alambre puede contener un 0, un 1 o un 2, con tres pares trenzados en la dirección de transmisión y señalización ternaria, puede transmitirse cualquiera de 27 símbolos, posibilitando el envío de 4 bits con un poco de redundancia. La transmisión de 4 bits en cada uno de los 25 millones de ciclos de reloj por segundo da los 100 Mbps necesarios. Además, siempre hay un canal en reversa de 33.3 Mbps que utiliza el par trenzado restante. Este esquema conocido como **8B6T** (mapa de 8 bits a 6 trits), no es muy elegante pero funciona con la planta de alambrado existente. Para el alambrado de categoría 5, el diseño, 100 Base TX, es más sencillo, pues los alambres pueden manejar tasas de reloj de hasta 125 MHz o más. Sólo se usan dos pares trenzados por estación, uno al concentrador y uno de él. En lugar de sólo usar codificación binaria directa, se usa un esquema llamado **4B5B** a 125 MHz. Cada grupo de cinco periodos de reloj se usa para enviar cuatro bits a fin de tener cierta redundancia, proporcionar suficientes transiciones para permitir una fácil sincronización de los relojes, crear patrones únicos para delimitar marcos, y ser compatibles con la FDDI en la capa física. En consecuencia, el 100Base-TX es un sistema dúplex integral: las estaciones pueden transmitir a 100 Mbps y recibir a 100 Mbps al mismo tiempo. Además se pueden tener dos líneas telefónicas para comunicación real en caso de que la computadora esté completamente ocupada navegando la Web. La última opción, 100Base-FX, usa dos hilos de fibra multimodo, uno para cada dirección, por lo que también es dúplex integral con 100 Mbps en cada dirección. Además, la distancia entre una estación y el concentrador puede ser de hasta 2 km. Son posibles dos tipos de concentradores con 100 Base-T4 y 100Base-TX, conocidos en conjunto como 100Base-T. En un concentrador compartido, todas las líneas de entrada (o cuando menos todas las líneas que llegan a una tarjeta) están conectadas lógicamente, formando un solo dominio de colisión. Se aplican todas las reglas estándar, incluido el algoritmo de retroceso binario, por lo que el sistema funciona igual que el 802.3 tradicional. En particular, sólo una estación puede transmitir a la vez. En un switch, cada marco de entrada se coloca en el buffer de una tarjeta de línea (plug-in line card). Aunque esta característica hace que el switch y las tarjetas sean más caros, también significa que todas las estaciones pueden transmitir (y recibir) al mismo tiempo, mejorando de manera importante el ancho de banda total del sistema, con frecuencia en un orden de magnitud o más. Los marcos en buffer se pasan a través de un canal de alta velocidad de la tarjeta origen a la tarjeta de destino. El canal de alta velocidad en plano posterior no está estandarizado, ni necesita estarlo, ya que está completamente escondido dentro del switch. Dado que los cables 100Base-FX son



demasiado largos para el algoritmo tradicional de colisiones de Ethernet. deben conectarse a switches con buffers, de modo que cada uno sea un dominio de colisión por sí mismo. Casi todos los switches pueden manejar una mezcla de estaciones de 10 Mbps y 100 Mbps, para hacer más fácil la modernización. A medida que una instalación consigue más estaciones de 100 Mbps, todo lo que se tiene que hacer es comprar la cantidad necesaria de tarjetas de línea nuevas e introducir las en el switch.

### 2.5.2. Gigabit Ethernet

Gigabit Ethernet está construida en la cima del protocolo Ethernet, pero incrementa por diez la velocidad sobre Fast Ethernet hasta 1000 Mbps, o 1 Gps (gigabit por segundo). Este protocolo, el cual fue estandarizado en junio de 1998, promete ser el jugador dominante en los backbone de las redes de área local y en la conectividad de servidores. Debido a que Gigabit Ethernet está significativamente influenciado por Ethernet, los clientes serán capaces de apalancar su base de conocimientos existente para administrar y mantener las redes Gigabit Ethernet.

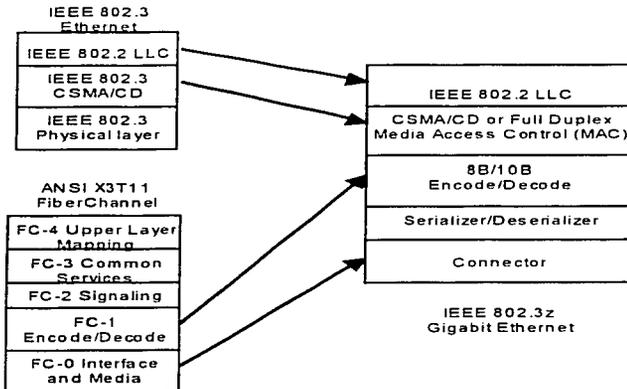


Figura 2.26. Pila de protocolos de Gigabit Ethernet

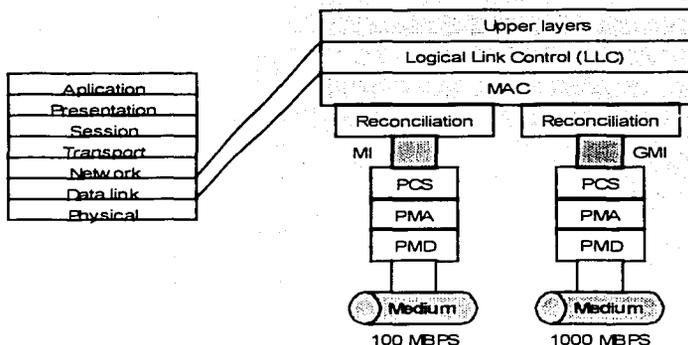


Figura 2.27 Modelo de la arquitectura de IEEE 802.3z Gigabit Ethernet

### Arquitectura del protocolo de Gigabit Ethernet

Para acelerar las velocidades de 100 Mbps de Fast Ethernet hasta 1 Gbps, muchos cambios se necesitan hacer a la interfaz física. Fue decidido que Gigabit Ethernet luciera idéntico a Ethernet desde el nivel de enlace de datos hacia arriba. Los cambios involucrados en acelerar hasta 1 Gbps han sido resueltos mezclando dos tecnologías juntas: Ethernet IEEE 802.3 y ANSI X3T11 FiberChannel. La figura 2.26 muestra cómo los componentes de cada tecnología han sido influencia para formar a Gigabit Ethernet.

Aprovechar estas tecnologías significa que el estándar puede tomar ventaja de la tecnología de la interfaz física existente de FiberChannel mientras mantiene el formato de trama de IEEE 802.3 Ethernet, compatibilidad hacia atrás para los medios instalados, y uso de CSMA/CD Full o Half Dúplex. Este escenario ayuda a minimizar la complejidad tecnológica, resultando en una tecnología estable que puede ser desarrollada rápidamente. El modelo actual de Gigabit Ethernet se muestra en la figura 2.27.

### Interfaz de carrier de Gigabit Ethernet

El convertidor de interfaz de Gigabit Ethernet (GBIC, Gigabit Interface Converter) permite a los administradores de la red configurar cada puerto gigabit sobre una base de puerto a puerto para interfaces físicas de onda corta (SX), onda larga (LH) y cobre (CX). GBIC LH extiende la distancia de la fibra monomodo del estándar de 5 km hasta los 10 km. Gigabit Ethernet inicialmente soportaba tres medios de comunicación importantes: láser de onda corta, láser de onda larga y cobre corto. La interfaz física se muestra en la figura 2.28. Adicionalmente, la fibra óptica viene

en tres tipos: multimodo (62.5  $\mu\text{m}$ ), multimodo (50  $\mu\text{m}$ ) y monomodo. Se muestra un diagrama para la GBIC en la figura 2.29.

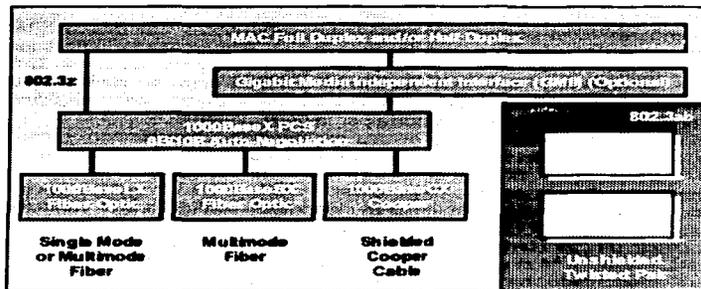


Figura 2.28 Diseños físicos de 802.3z y 802.3ab

En contraste, los switches Gigabit Ethernet sin GBIC no soportan otros láseres o necesitan ser adaptados personalmente a los tipos de láser requeridos.

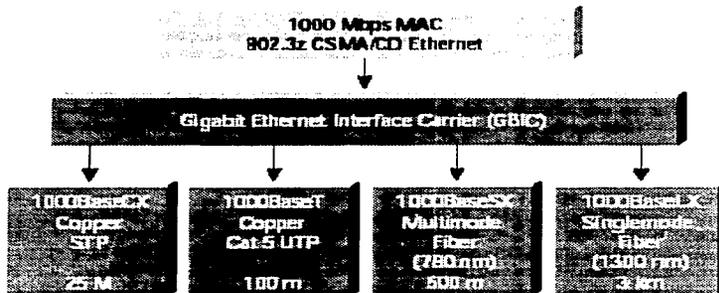


Figura 2.29 Funciones de la interfaz GBIC

La codificación 8B/10B permite tasas de transferencias de 1000 Mbps. El tipo de conector actual para FiberChannel, y por lo tanto para Gigabit Ethernet, es el conector SC tanto para fibra monomodo como multimodo. La especificación Gigabit Ethernet dicta el medio de soporte para cable de fibra óptica multimodo.

cable de fibra óptica monomodo, y un cable de cobre de 150 Ohms blindado balanceado especial.

### **Láser de onda corta y onda larga sobre fibra óptica**

Dos estándares láser pueden ser soportados sobre fibra: 1000BaseSX (láser de onda corta) y 1000BaseLX (láser de onda larga). Ambos pueden ser soportados por la fibra multimodo. Hay dos tipos de fibra multimodo: fibras de 62.5 y 50 micrones de diámetro. Se puede usar láser de onda larga en fibras monomodo, por que este tipo de fibra es óptima para transmisiones con láser de onda larga. No es soportado el láser de onda corta por la fibra monomodo.

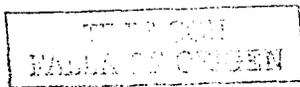
Las principales diferencias entre el uso de tecnologías multimodo y monomodo son el costo y la distancia. A diferentes longitudes de onda, hay en el cable "declives" en la atenuación. El láser de onda corta y larga toma ventaja de estas variaciones de atenuación e iluminan el cable a diferentes longitudes de onda. Los láser de onda corta están prontamente disponibles debido a que variaciones de estos son usados en la tecnología de los discos compactos. La red resultante es la que a pesar de los láser que costaran poco, atravesarán distancias cortas. En contraste, los láser de onda larga son más caros pero llegan a distancias mayores. La fibra monomodo ha sido tradicionalmente usada para alcanzar grandes distancias. En Ethernet, por ejemplo, la fibra monomodo alcanza hasta 10 km.. usando un centro de 9 micrones y un láser de 1300 nanómetros, demostrando la tecnología de mas larga distancia. El centro pequeño y la baja energía del láser alargan la longitud de onda del láser y permiten cruzar grandes distancias. Este arreglo permite a la fibra monomodo alcanzar las más grandes distancias de todos los medios con la menor reducción en el ruido.

Gigabit Ethernet puede ser soportada por dos tipos de fibras multimodo: fibras de 62.5 y 50 micrones de diámetro. La fibra de 62.5 micrones es típicamente usada en las verticales y plantas de cableado de edificios, y está siendo usada para el tráfico en el Backbone de Ethernet, Fast Ethernet y FDDI. Este tipo de fibra, sin embargo, tiene un ancho de banda modal más bajo (habilidad de la fibra para transmitir la luz), especialmente con láser de onda corta. En relación con la fibra de 62.5 micrones, la fibra de 50 micrones tiene mejores características de ancho de banda modal y es capaz de cruzar grandes distancias con láser de onda corta.

### **Codificación 8B/10B**

El nivel FiberChannel FC-1 describe la sincronización y el esquema de codificación 8B/10B. FC-1 describe el protocolo de transmisión, incluida la codificación y decodificación serial del nivel físico, caracteres especiales y control de errores. Gigabit Ethernet utiliza la misma codificación/decodificación que la especificada en el nivel FC-1. El esquema utilizado es el 8B/10B, que es similar a la codificación 4B/5B empleada en FDDI; sin embargo, la codificación 4B/5B fue rechazada para FiberChannel debido a su carencia de balance de DC. Esta carencia puede ser potencialmente resultar en unos datos dependientes del calentamiento del láser por que se envían más unos que ceros, resultando en altas tasas de errores.

El codificar datos transmitidos a altas velocidades provee algunas ventajas:



- La codificación limita las características efectivas de transmisión, como la relación de unos y ceros en el rango de errores.
- La recuperación de reloj a nivel bit del receptor puede ser grandemente mejorado usando codificación de datos.
- La codificación incrementa las posibilidades de que la estación receptora pueda detectar y corregir la transmisión.
- La codificación puede ayudar a distinguir entre bits de datos y bits de control.

Todas estas características han sido incorporadas en la especificación FiberChannel FC-1. En Gigabit Ethernet, el nivel FC-1 toma datos decodificados del nivel FC-2 de 8 bits del subnivel de reconciliación (RS), el cual "puentea" la interfaz física de FiberChannel a los niveles superiores de IEEE 802.3. La codificación toma lugar vía un mapeo de 8 a 10 caracteres. La decodificación de datos consta de 8 bits con una variable de control. Esta información es, en turno, codificada en un carácter de transmisión de 10 bits.

La codificación es llevada a cabo al proveer a cada carácter de transmisión con un nombre, denotado como Zxx y, Z es la variable de control que puede tener dos valores: D para datos y K para caracteres especiales. La designación xx es el valor decimal del número binario compuesto de un subgrupo de bits decodificados. La designación y es el valor decimal del número binario de bits decodificados remanentes. Este escenario implica que haya 256 posibilidades para datos (D) y 256 posibilidades para caracteres especiales (K). Sin embargo, solo 12 Kxx y valores son caracteres de transmisión válidos en FiberChannel. Cuando los datos de transmisión son recibidos, los caracteres de transmisión son decodificados en una de las 256 combinaciones de 8 bits.

### **Nivel de control de acceso al medio**

#### **Nivel de enlace lógico**

Gigabit Ethernet ha sido diseñado para adherirse al formato de trama de Ethernet estándar. Este arreglo mantiene la compatibilidad con la base instalada de productos Ethernet y Fast Ethernet, sin requerir traducción de tramas. La figura 2.30 describe el formato de trama 802.3/Ethernet. El LLC define el acceso a servicios para protocolos que conforman al modelo OSI para protocolos de red. Desgraciadamente, muchos protocolos no obedecen las reglas para estos niveles. Por lo tanto, debe adicionarse información extra al LLC con el propósito de proveer información con respecto a estos protocolos. Los protocolos que caen dentro de esta categoría son IP e IPX. El método usado para proporcionar esta información adicional de protocolo es llamado un Protocolo de Acceso de Subred (Subnetwork Access Protocol), o trama SNAP. Una encapsulación SNAP está indicada por las direcciones SSAP y DSAP al ser puestas a "0 x AA". Cuando estas direcciones son vistas, sabemos que sigue un encabezado SNAP. Este es de 5 bytes de longitud; los primeros 3 bytes contienen el código de organización, el cual es asignado por el IEEE; los siguientes 2 bytes usan el valor tipo, tomado de las especificaciones originales de Ethernet.

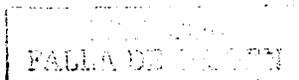




Figura 2.30 Formato de trama de Ethernet

### 2.5.3. Voz sobre IP

#### Retardo/latencia

El retardo o latencia en VoIP se caracteriza por la cantidad de tiempo que le toma al habla desde que sale de la boca del hablante y alcanza el oído del oyente. Tres tipos de retardo son inherentes a las redes telefónicas actuales: *retardo de propagación*, *retardo de serialización* y *retardo de manejo*. El retardo de propagación es causado por la velocidad de la luz en la fibra o redes basadas en cobre. El retardo de manejo —también llamado retardo de proceso— define muchas diferentes causas de retardo (paquetización actual, compresión y conmutación de paquetes) y es causado por dispositivos que envían la trama a través de la red.

#### Retardo de propagación

La luz viaja a través del vacío a una velocidad de 299.329,8 kilómetros por segundo, y los electrones viajan a través del cobre o la fibra a aproximadamente 201.162,5 kilómetros por segundo. Una red de fibra que circundara la tierra (20.920,9 kilómetros) induce un retardo en un sentido de alrededor de 70 milisegundos (70 ms). Aunque este retardo es casi imperceptible al oído humano, el retardo en la propagación en conjunto con los retardos de manejo pueden causar evidente degradación del habla.

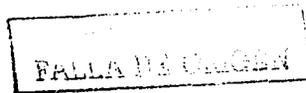
#### Retardo de manejo

Como se mencionó anteriormente, los dispositivos que envían la trama a través de la red causan retardo por manejo. Estos retardos pueden impactar las redes telefónicas tradicionales, pero estos retardos son un amplio problema en los ambientes paquetizados.

#### Retardo por encolamiento

Una red basada en paquetes experimenta retardos por otras razones. Dos de estas razones son el tiempo necesario para mover el paquete actual a la cola de salida (conmutación de paquetes) y el retardo de encolamiento.

Cuando los paquetes son retenidos en una cola debido a la congestión sobre una interfaz de salida, el resultado es retardo por encolamiento. Este ocurre cuando son enviados más paquetes de los que una interfaz puede manejar en un intervalo dado.



La recomendación G.114 de la UIT-T especifica que para una buena calidad de la voz, no más de 150 ms en un sentido, de extremo a extremo, debe existir.

Algunas formas de retardo son largos, aunque aceptados, por que no existen alternativas. En transmisiones satelitales, por ejemplo, le toma 250 ms a la transmisión alcanzar al satélite, y otros 250 ms para regresar a la tierra. Esto resulta en un retardo total de 500 ms. Aunque la UIT-T indica que esto es inaceptable para la calidad de la voz, muchas conversaciones ocurren cada día sobre enlaces satelitales. Como tal, la calidad de la voz es definida como qué usuario puede aceptarla y usarla.

En una red no administrada y congestionada, el retardo por encolamiento puede añadir hasta dos segundos de retardo (o resultar en la pérdida de paquetes). Esta longitud de retardo es inaceptable en casi cualquier red de voz. El retardo por encolamiento es solo un componente del retardo de extremo a extremo. Otro retardo de extremo a extremo es producido por el jitter.

### Jitter

Se declara simplemente que, el jitter es la variación del tiempo entre los arribos de los paquetes. El jitter es un problema que existe solo en redes basadas en paquetes. En un ambiente de paquetes de voz, el emisor espera la posibilidad de transmitir paquetes de voz a un intervalo regular (por ejemplo, enviar una trama cada 20 ms). Estos paquetes de voz pueden ser retardados a través de la red de paquetes y no arribar al mismo intervalo regular a la estación receptora (por ejemplo, pueden no arribar cada 20 ms). La diferencia entre cuándo se espera recibir el paquete y cuándo efectivamente llega, es jitter.

En la figura 2.31 se puede ver que el tiempo que le toma a los paquetes A y B desde que son enviados y recibidos es igual ( $D_1 = D_2$ ). El paquete C encuentra retardo en la red, de modo que, es recibido *después* de lo que se esperaba. Esto es el por qué un buffer de jitter, que disimule el periodo de inter arribo de los paquetes, es necesario.

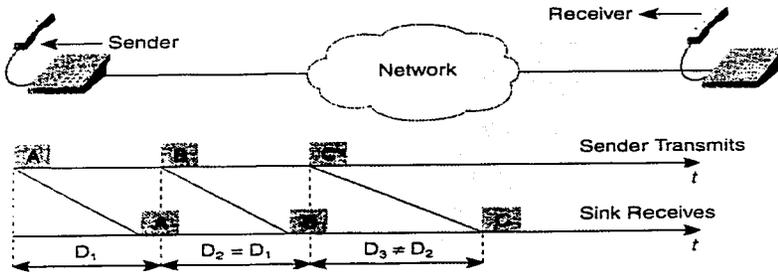


Figura 2.31 Diferencias en el tiempo de arribo de los paquetes

Hay que notar que el jitter y el retraso total no son la misma cosa, a pesar de que abundante jitter en la red puede incrementar el monto total de retraso en la red. Si la red está bien diseñada y se toman las debidas precauciones, el jitter no es usualmente un problema mayor y el buffer de jitter no contribuye muy significativamente al retraso total de extremo a extremo.

#### **Estándares de codificación de la voz**

La UIT-T estandariza los esquemas de codificación CELP, MP-MLQ, PCM Y ADPCM en sus series G de recomendaciones. Los estándares de codificación más populares para telefonía y voz en paquetes son:

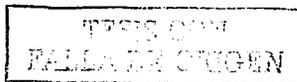
- G.711: describe la técnica de codificación a 64 kbps; la codificación de voz G.711 está ya en el formato correcto para el manejo digital de la voz en la red telefónica pública o a través de PBX.
- G.726: describe la codificación ADPCM a 40, 32, 24 y 16 kbps; también se puede intercambiar voz ADPCM entre redes de voz en paquetes, redes de telefonía pública o redes de PBX, previendo que se tenga capacidad ADPCM.
- G.728: describe una variación de bajo retardo de 16 kbps de la compresión de voz CELP.
- G.729: describe la compresión CELP que permite la codificación de la voz en flujos de 8 kbps; dos variaciones de este estándar (G.729 y G.729 anexo A) difieren ampliamente en la complejidad computacional, y ambos generalmente proveen calidad de voz tan buena como el ADPCM de 32 kbps.
- G.723.1: describe una técnica de compresión que se puede utilizar para comprimir el habla o cualquier componente de señal de audio de servicios multimedia a tasas bajas, como parte del conjunto de la familia H.323 de estándares. Dos tasas de bits están asociadas con este codificador: 5.3 y 6.3 kbps. La tasa más alta está basada en la tecnología MP-MLQ y provee gran calidad. La tasa más baja está basada en CELP, provee buena calidad, y provee a los diseñadores de sistemas con flexibilidad adicional.

#### **Eco**

El eco en una conversación telefónica puede ir desde un ligero hasta insoportable, haciendo ininteligible la conversación.

Escuchar su propia voz en el receptor cuando está hablando es común y tranquilizador para el hablante. El escuchar su propia voz en el receptor, después de un retardo de alrededor de 25 ms. sin embargo, puede causar interrupciones y puede romper la cadencia en una conversación.

En una red tradicional de voz, el eco es normalmente causado por desacoplamientos en la impedancia en la conmutación de la red de cuatro hilos al loop local de dos hilos. El eco, en la red pública estándar, es regulado con canceladores de eco y un estrecho control de los desacoplamientos de impedancia de los puntos comunes de reflejo, como se muestra en la figura 2.32. El eco tiene dos inconvenientes: puede ser ruidoso y puede ser prolongado.



Mientras más ruidoso y prolongado sea el eco, por supuesto, más molesto se vuelve éste.

Las redes telefónicas, en las partes del mundo donde la voz analógica es la principal, utilizan supresores de eco, los cuales remueven el eco por acoplamiento de impedancias en un circuito. Este no es el mejor mecanismo para remover el eco y, de hecho, origina otros problemas. No se puede utilizar ISDN sobre una línea que tenga un supresor de eco, por ejemplo, por que el supresor de eco limita el rango de frecuencias que ISDN utiliza.

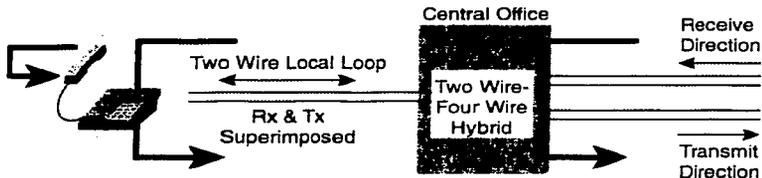


Figura 2.32 Eco causado por desacoplo de las impedancias

En las redes de voz por paquetes actuales, se pueden construir canceladores de eco en los codificadores de bajas tasas y operarlos en cada DSP. En algunas implementaciones de los fabricantes, la cancelación de eco es hecha por software; esta práctica reduce drásticamente los beneficios de la cancelación de eco.

### **Pérdida de paquetes**

La pérdida de paquetes en una red de datos es común y esperada. Muchos protocolos de datos, de hecho, emplean la pérdida de paquetes para conocer las de la red, y pueden reducir el número de paquetes que envían.

Cuando se pone tráfico crítico en la red de datos, es importante controlar la cantidad de paquetes perdidos en esta red.

Con protocolos como SNA que no soportan bien la pérdida de paquetes, se necesita una red bien diseñada que pueda dar prioridad a los paquetes sensibles al tiempo sobre los paquetes que soporten retraso o pérdida de paquetes.

Cuando se pone voz sobre la red de datos, es importante construir una red que pueda transportar la voz suficientemente y de una manera temporizada. También, ayuda mucho cuando se utiliza un mecanismo para hacer un poco resistente la voz a la pérdida periódica de paquetes.

### **Detección de la actividad de la voz**

En una conversación normal, una persona habla mientras alguna otra escucha. Las redes de voz actuales contienen un canal bidireccional de 64 kbps, sin tener en cuenta quien de las dos personas esté hablando. Esto significa que en una conversación normal, al menos el 50% del ancho de banda total es desperdiciado. El total de ancho de banda desperdiciado actualmente puede ser mucho mayor si

se toman muestras estadísticas de los cortes y pausas en el patrón de habla de una persona normal.

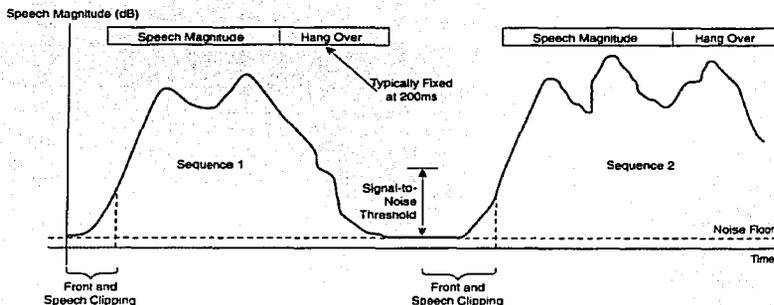


Figura 2.33 Detección de la actividad de la voz

Cuando se usa VoIP, se puede utilizar este ancho de banda "desperdiciado" para otros propósitos cuando se habilita la Detección de la actividad de la voz (Voice Activity Detection). Como se muestra en la figura 2.33, la VAD trabaja detectando la magnitud en decibelios (dB) y decidiendo cuando cortar la voz que es empaquetada.

Típicamente, cuando la VAD detecta una disminución de la amplitud del habla, espera una cantidad fija de tiempo antes de detener el empaquetado de la voz. Este periodo fijo de tiempo es conocido como hangover y es típicamente de 200 ms.

Con cualquier tecnología, puede hacerse cambios. La VAD experimenta ciertos problemas inherentes en determinar cuando comienza y termina el habla, y en distinguir el habla del ruido de fondo. Esto significa que si se está en un cuarto ruidoso, la VAD no puede distinguir entre el habla y el ruido de fondo. Esto es también conocido como la relación señal a ruido. En estos escenarios la VAD se deshabilita ella misma al inicio de la llamada.

Otro problema inherente con la VAD es detectar cuándo se comienza a hablar. Típicamente al inicio de una sentencia se corta o mantiene. Este fenómeno es conocido como *frente-extremo de recorte del habla*. Usualmente, la persona que escucha no nota este *frente-extremo de recorte del habla*.

### Protocolos de transporte

Como se sabe, dos tipos principales de tráfico viajan en el Protocolo Internet: Protocolo de Datagrama de Usuario (User Datagram Protocol) y Protocolo de Control de Transmisión (Transmisión Control Protocol. En general, usamos TCP

cuando necesitamos una conexión fiable y UDP cuando necesitamos simplicidad y la fiabilidad no es la preocupación principal. Debido a la naturaleza sensitiva del tráfico de voz, UDP/IP es la selección lógica para transportar la voz. Más información será necesaria sobre una base paquete a paquete de la que UDP puede ofrecer, sin embargo, para tráfico en tiempo real o sensible al retraso, la IETF adoptó el RTP. VoIP viaja hasta arriba del RTP, el cual viaja hasta arriba del UDP. Esto es, VoIP es transportado con un encabezado de paquete RTP/UDP/IP.

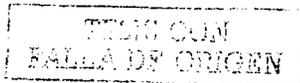
### Real Time Protocol: Protocolo de Tiempo Real

RTP es el estándar para transmitir tráfico sensible la retardo a través de la red basada en paquetes. RTP viaja hasta arriba de UDP e IP. RTP da la información de las estaciones receptoras que no están en el flujo no orientado a conexión de UDP/IP. Como se muestra en la figura 2.34, dos importantes bits de información son información de secuencia y la marca de tiempo. RTP utiliza la información de secuencia para determinar si los paquetes están llegando en orden, y utiliza la información de marca de tiempo para determinar el tiempo de interarribo de paquetes.

Version		IHL		Type of Service		Total Length	
Identification						Flags	Fragment Offset
Time To Live			Protocol			Header Checksum	
Source Address							
Destination Address							
Options						Padding	
Source Port						Destination Port	
Length						Checksum	
V	P	X	CC	M	PT		Sequence Number
Timestamp							
Synchronization Source (SSRC) Identifier							

Figura 2.34 Encabezado de transporte de tiempo real

Podemos usar RTP para medios en demanda, tan bien como para servicios interactivos como telefonía Internet. RTP consiste de una parte de datos, una parte de control, la última llamada Protocolo de Control RTP (RTCP). La parte de datos de RTP es un pequeño protocolo que provee soporte a aplicaciones con propiedades de tiempo real, como medios continuos (por



ejemplo, audio y video), incluyendo reconstrucción temporizada, detección de pérdidas e identificación de contenido.

RTCP provee soporte para conferencias en tiempo real de grupos de cualquier tamaño dentro de una Internet. Este soporte incluye identificación de la fuente y soporte para gateways, como puentes para audio y video así como traductores multicast a unicast. También ofrece la regeneración de QoS de los receptores al grupo multicast, tan bien como el soporte para la sincronización de flujos de diferentes medios.

El empleo de RTP es importante para tráfico de tiempo real, pero existe un pequeño inconveniente. Los encabezados IP/RTP/UDP son de 20, 8 y 12 bytes, respectivamente. Esto añade hasta 40 bytes de encabezado, el cual es el doble de la carga útil cuando se emplea G.729 con dos muestras del habla (20 ms).

Se puede comprimir es largo encabezado a 2 o 4 bytes usando Compresión de Encabezado RTP (CRTP).

### **Protocolo de Datos de Usuario Fiable**

RUDP (Reliable User Data Protocol) le da un poco de fiabilidad al protocolo UDP no orientado a conexión. RUDP habilita fiabilidad sin la necesidad de un protocolo basado en conexión como es TCP. El método básico de RUDP es el envío múltiple del mismo paquete y permitir a la estación receptora el descarte de los paquetes redundantes o innecesarios. Este mecanismo hace más probable que uno de los paquetes complete la jornada del emisor al receptor.

Esto también es conocido como *Corrección de Errores Hacia Delante* (FEC: Forward Error Correction). Algunas implementaciones de FEC existen debido a las consideraciones de ancho de banda (se utiliza el doble o triple del ancho de banda). Los clientes que tienen un ancho de banda ilimitado, consideran el FEC como un mecanismo que les permite incrementar la confiabilidad y calidad de voz.

### **Diseño del plan de numeración**

Una de las áreas que causan la mayor cantidad de dolores de cabeza cuando se diseña una red telefónica empresarial es el plan de numeración. Las causas de estos dolores de cabeza pueden deberse a los problemas complejos de integrar redes dispares. Muchas de estas redes dispares no están diseñadas para la integración.

Un buen ejemplo de esto es cuando dos compañías se fusionan. En este escenario, las redes de datos de las compañías (direccionamiento IP, petición de aplicaciones y base de datos de inventarios) deben unirse. Es altamente improbable que ambas compañías utilicen las mismas metodologías cuando implementan sus redes de datos, así que los problemas pueden elevarse.

El mismo problema puede ocurrir en las redes de voz. Si dos compañías se fusionan, sus sistemas telefónicos (correo de voz, tarificación, características suplementarias y direccionamiento del plan de numeración) pueden ser incompatibles con cualquier otro.

Estos problemas del plan de numeración también pueden ocurrir cuando una compañía decide instituir un plan de marcación corporativo. Consideremos a la compañía X, por ejemplo. La compañía X creció drásticamente en los últimos tres años y ahora opera 30 sitios alrededor del mundo, con sus oficinas centrales en

Dallas. La compañía X actualmente marca a sus 29 sitios remotos a través de la PSTN. La compañía X desea simplificar el plan de marcación a todos sus sitios para habilitar mejores comunicación a sus empleados y facilidad de uso. La compañía X actualmente tiene un PBX grande en sus oficinas y otros más pequeños en sus sitios remotos. Muchas alternativas están disponibles para esta compañía:

- Adquirir enlaces dedicados entre sus oficinas centrales y todos los sitios remotos.
- Adquirir una red telefónica virtual privada (VPN: Virtual Private Network) de la compañía telefónica y marcar un código de acceso de cualquier parte para acceder a la VPN.
- Tomar ventaja de la infraestructura de datos existente y poner voz en la red de datos.

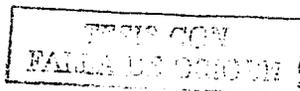
Sin importar la opción que elija la compañía X, debe encarar el diseño de un plan de numeración, administración de la red y problemas de costos.

Sin entrar en grandes detalles, muchas compañías deben decidir sobre el diseño de su plan de numeración basadas en los siguientes problemas:

- Planes para crecer.
- Costos de circuitos dedicados o VPNs.
- Costos de equipos adicionales para voz en paquetes.
- Traslape de números (cuando más de un sitio tiene el mismo número telefónico).
- Flujos de llamadas (patrones de llamadas de cada sitio).
- Horas ocupadas (la hora del día cuando el mayor número de llamadas son ofrecidas sobre un circuito).

Dependiendo del tamaño de la compañía, el plan de numeración puede ensancharse desde dos hasta siete u ocho dígitos. Es importante que no se fuerce uno mismo en una dirección particular hasta haber resuelto el problema previo.

La compañía X planea un crecimiento sostenido del 20 al 30% y se decide sobre un plan de numeración de siete dígitos sobre patrones de crecimiento. Esta elección corta con los problemas de traslape que presentaba.



### 3. SEÑALIZACIÓN

Inicialmente los PBX empleaban, para su señalización, simples líneas analógicas que permitían la transmisión de la información en la banda de voz. Los sistemas analógicos ya no son tan comunes como solían serlo, y, en muchos casos, estos fueron reemplazados por equipos digitales con facilidades de alta velocidad que costaban menos que sus contrapartes analógicas.

La señalización digital es el tipo más común de señalización telefónica en uso hoy día en redes corporativas y de proveedores de servicios. En las redes digitales se emplean muchas técnicas de señalización.

Los métodos de señalización han cambiado dramáticamente al paso del tiempo, de corriente eléctrica para señales analógicas, a mensajes digitales sobre redes de conmutación de paquetes.

#### 3.1. Señalización usuario-central

Existen varios tipos de señales usadas por los conmutadores telefónicos para administrar las llamadas telefónicas. La señalización relacionada con los circuitos es llamada señalización de línea e incluye:

- Señales de progreso de llamadas
- Señales de supervisión
- Señales de control
- Señales de direcciones
- Señales de alerta

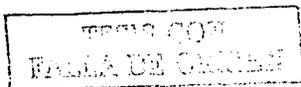
Las señales de progreso de llamadas son empleadas para notificar al llamante del progreso de la llamada. Estas incluyen tono de ringback, enviado a la parte llamante después que los dígitos marcados son procesados y la parte llamada está disponible. Señales de ocupado, todos los circuitos ocupados y tonos de intercepción son consideradas todos tonos de progreso de llamadas.

Las señales de supervisión son usualmente señales eléctricas (sobre el loop del usuario) usadas para indicar el estado colgado / descolgado. Cuando el auricular del aparato telefónico es levantado, la corriente es enviada de un lado de la línea telefónica, a través de los circuitos del teléfono, y regresa al conmutador de la central telefónica. Esta corriente es considerada una señal de supervisión e indica una condición de descolgado (la cual es interpretada por el conmutador como una petición de servicio o circuito ocupado si una llamada es ruteada hacia este usuario mientras está descolgado).

Las señales de control son usadas por el equipo auxiliar en la red telefónica. Estas son tonos enviados de un dispositivo a otro sobre los circuitos de voz (en aplicaciones que no son Sistema de Señalización #7). En las redes de hoy día, casi todas estas señales son transportadas sobre la red SS7 como mensajes de datos más que como tonos audibles.

Las señales de direcciones son tonos generados cuando un teléfono es marcado (o los pulsos eléctricos son generados por un marcador de disco). Una vez recibidas por el conmutador de la central, estas señales de dirección son convertidas en mensajes de datos y enviadas sobre la red SS7.

Las señales de alerta son usadas para notificar a las partes de una llamada entrante. Esta es el timbrado de la línea, el cual produce que el teléfono timbre (o



emita algún otro tono audible en el caso de los teléfonos digitales o electrónicos). Las señales de alerta pueden también ser enviadas como mensajes de datos.

### 3.1.1. Señalización en banda y fuera de banda

La señalización en banda emplea tonos en lugar de corriente directa. Estos tonos son transmitidos sobre las mismas facilidades de la voz y, por esto, deben estar entre los 0 y 4 KHz, que es la banda de voz. Los tonos, incluidos los de Frecuencia Única (Single Frequency), Multifrecuencia (Multi-Frequency), y Multifrecuencia de Tonos Dobles (Dual-Tone Multi-Frequency), se describen a continuación:

- Frecuencia única: este tono es utilizado en troncales intercentrales y puede tener dos estados posibles on-hook o libre y off-hook u ocupado. El tono de frecuencia única está basado en una frecuencia sola de 2600 Hz y es usada para identificar un cambio en el estado. Esto es, ningún tono está presente cuando una conexión o circuito está arriba. Cuando cualquiera de las dos partes cuelga, un tono de 2600 Hz es enviado sobre el circuito, notificando al otro equipo de la desconexión.
- Multi-Frecuencia: Estos tonos son usados por troncales intercentrales para indicar eventos, como captura, liberación, contestación y reconocimiento, y para transmitir información, como puede ser el número de la parte que llama. La señalización MF utiliza una combinación de pulsos especificados por frecuencias para señales que cruzan la red. Estas frecuencias son un sistema específico, que se muestra en la tabla siguiente:

Dígito	Frecuencias (Hz)	
1	697	1209
2	697	1336
3	697	1477
4	770	1209
5	770	1336
6	770	1477
7	852	1209
8	852	1336
9	852	1477
*	941	1209
0	941	1336
#	941	1477

Tabla 3.1 Combinación de frecuencias DTMF estandarizadas por el CCITT

Debido a que esta señalización emplea las mismas facilidades por las que es enviada la señal de voz, es menos eficiente que los sistemas de señalización por canal común, como SS7.

- Multi Frecuencia de Tonos Dobles: Esta forma de direccionamiento es usada para transmitir dígitos de números telefónicos desde el aparato del usuario hacia la central local. Con el desarrollo del DTMF vino el reemplazo del oscilador transistorizado del teléfono por teclados y osciladores de tono



doble. Los tonos DTMF identifican los números del 0 al 9 y los símbolos de "\*" y "#". Cuando un usuario presiona una de estas teclas, el oscilador envía dos tonos simultáneos. Los dígitos son representados por una combinación particular de frecuencias: una del grupo de frecuencias bajas (697, 770, 852 y 941 Hz) y una del grupo de frecuencias altas (1290, 1336, 1447 y 1633 Hz). Existen 16 combinaciones posibles, pero en el teclado sólo 12 de estas están implementadas.

### **3.2. Señalización central-central**

#### **3.2.1. Channel Associated Signaling (CAS)**

La señalización de canal asociado (CAS: Channel-Associated Signaling), también conocida como señalización de troncal a igual (peer-trunk signaling) ha estado en existencia desde el inicio de la telefonía automática y fue la única forma de señalización de intercambio hasta 1976. En este método de señalización las señales necesarias para el tráfico transportado por un solo canal son transmitidas en el mismo canal o en un canal de señalización permanentemente asociado con él. Esta se continúa usando en redes de telecomunicaciones, pero está siendo gradualmente reemplazada por la señalización de canal común.

En sus inicios los sistemas CAS fueron desarrollados por los fabricantes de equipos de manera independiente, y existen en muchas variedades. Fue hasta después de la Segunda Guerra Mundial que los sistemas CAS, mostraron una influencia creciente de los estándares nacionales e internacionales.

#### **3.2.2. Common Channel Signaling (CCS)**

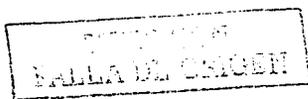
Conforme las troncales digitales se fueron haciendo más populares, los métodos de señalización evolucionaron de tal forma que incrementaron grandemente el desempeño de la red.

Debido a su naturaleza digital, la señalización digital es mucho más efectiva que la señalización de Frecuencia Única (SF: Single Frequency). La señalización de Frecuencia Única requiere equipos de tonos caros en ambos lados, para envío y recepción, donde la señalización digital puede ser detectada por cualquier dispositivo digital cargado en el equipo de conmutación y puede crear cualquier clase de información de señalización. Esto ha impulsado los esfuerzos por crear carriers digitales en lugar de analógicos.

La señalización por canal común (CCS: Common Channel Signaling) utiliza una facilidad digital, pero envía la información de señalización en una ranura de tiempo (Time Slot) o canal separado de la voz y datos con los que está relacionada. Esto permite a la información de señalización ser consolidada y enviada a través de su red separada de la red de voz. Este es el método que emplean tanto ISDN como SS7 actualmente.

Además, este método de señalización es capaz de enviar y recibir mensajes, soportando un número ilimitado de valores de señalización. Recuperando información de una base de datos remota puede ser transferida de una entidad a otra usando CCS.

Mencionamos que SS7 algunas veces es referido como señalización fuera de banda. Cuando uno compara los métodos empleados para transmitir SS7 con la señalización convencional fuera de banda, queda claro por qué SS7 es mejor



definido como señalización por canal común. Por supuesto, la señalización fuera de banda es también un método analógico, mientras que la señalización por canal común es digital.

### 3.3. Sistemas de señalización

#### 3.3.1. Sistema de señalización R2

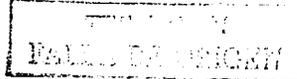
La señalización R2 fue conocida originalmente como señalización de código de multifrecuencia (Multi-Frequency Code Signaling MFC). Fue desarrollada cooperativamente por los fabricantes europeos de equipos de telecomunicaciones y el CEPT (European Conference of Postal and Telecommunications Administrations), y fue introducido en los años 60. Sigue siendo usada en muchas redes nacionales en Europa, América Latina, Australia y Asia. Unos pocos años después de la introducción del MFC, el CCITT definió una versión para su uso en la red internacional. Esta versión internacional es conocida como señalización CCITT-R2. Actualmente el sistema nacional MFC (del cual existen muchas versiones específicas de país) es también referido como sistema R2. La señalización R2 puede ser usada en troncales analógicas de dos hilos, y en troncales analógicas o digitales de cuatro hilos. No puede ser utilizada en troncales satelitales. Esto limita la aplicación del CCITT-R2 a troncales internacionales relativamente cortas.

#### Señalización de supervisión en troncales digitales

Las redes que utilizan la señalización R2 nacional o la CCITT-R2 utilizan el sistema de transmisión de primer orden E1 para las troncales digitales. El flujo de bits en estos multiplexajes está organizado en tramas que son transmitidas en una proporción de 8000 tramas/s. Cada trama tiene 32 time slots de ocho bits, numeradas desde TS<sub>0</sub> hasta TS<sub>31</sub>. Los time slots de TS<sub>1</sub> a TS<sub>15</sub>, y de TS<sub>17</sub> a TS<sub>31</sub>, llevan el habla codificada con PCM, o datos de usuario de 64 Kbps, para 30 troncales. Para alineación de trama, del bit 2 al 8 del TS<sub>0</sub> tienen el patrón fijo 0011011. Una supertrama consiste de 16 tramas consecutivas, numeradas del 0 al 15. Para la alineación de supertrama, los bits del 1 al 4 en el TS<sub>16</sub> de la trama 0 están codificados como 0000. El TS<sub>16</sub> en las tramas 1 a 15 llevan cuatro bits de estado (a, b, c, d) para las troncales, como se aprecia en la tabla 3.2.

	<Bits en el Time Slot 16>							
	1	2	3	4	5	6	7	8
	a	b	c	d	a	b	c	d
Trama 1	<Troncal 1>				<Troncal 17>			
Trama 2	<Troncal 2>				<Troncal 18>			
Trama 3	<Troncal 3>				<Troncal 19>			
⋮								
⋮								
Trama 15	<Troncal 15>				<Troncal 31>			

Tabla 3.2 Distribución de los ocho bits del Time Slot 16 para la señalización de los 30 usuarios en un E1



La señalización de supervisión CCITT-R2 para troncales digitales es continua, con dos estados de troncal hacia delante y dos hacia atrás que son representados por los bits  $a_r$ ,  $b_r$  y  $a_b$ ,  $b_b$  respectivamente. Los bits  $c$  y  $d$  no son usados y están en 0 y 1. La señalización puede ser aplicada a troncales de uno o dos sentidos. Sobre troncales de un sentido, sólo un conmutador puede tomar una troncal, y envía los bits delanteros  $a_r$  y  $b_r$  y el otro conmutador envía los bits hacia atrás  $a_b$  y  $b_b$ . Sobre troncales de doble sentido, los roles de los conmutadores varían de llamada en llamada, dependiendo de cual conmutador tome la troncal.

El estado desocupado a ambos lados de una troncal es representado por  $a, b = 1, 0$ . Las señales de supervisión son representadas por cambios en el patrón de bits:

Señales hacia adelante	Cambio
Acceso	$a_r, b_r: 1, 0 \rightarrow 0, 0$
Libre-adelante	$a_r, b_r: 0, 0 \rightarrow 1, 0$

Señales hacia atrás	Cambio
Reconocimiento de acceso	$a_r, b_r: 1, 0 \rightarrow 1, 1$
Respuesta	$a_r, b_r: 1, 1 \rightarrow 0, 1$
Libre-atrás	$a_r, b_r: 0, 1 \rightarrow 1, 1$
Guardia del descargo	$a_r, b_r: 1, 1 \rightarrow 1, 0$
O	$a_r, b_r: 0, 1 \rightarrow 1, 0$

Tabla 3.3 Patrón de cambio para señales de supervisión

### Bloqueo

Un conmutador puede bloquear una troncal desocupada cambiando el estado de los bits de  $ab=10$  al estado  $ab=11$ . Los conmutadores no toman las troncales que tengan este estado en el extremo distante. Para finalizar el bloqueo, el conmutador retorna los bits al estado  $ab=10$  (desocupado).

### Toma doble

Después de enviar una señal de toma, el conmutador de salida espera recibir un cambio para  $ab=11$  del conmutador de entrada. La respuesta  $ab=00$  indica una toma doble. Ambos conmutadores entonces abortan sus establecimientos de llamadas y, dependiendo de los procedimientos de la administración, cada uno hace un segundo intento o aborta el intento, enviando indicación de congestión al suscriptor llamante.

### Señalización de interregistro

En señalización R2, las unidades de equipamiento en el conmutador que envían y reciben dígitos, y la señalización entre estas unidades, son usualmente referidos como registros y señalización inter registros. R2 utiliza señales de MF en banda hacia delante y hacia atrás. En troncales digitales, estas señales son codificadas PCM. La señalización es forzada: una señal de MF hacia delante, enviada por un registro saliente (Outgoing Register OR) a un conmutador saliente A, es retenida

en "on" hasta la recepción de una confirmación de MF hacia atrás del registro de entrada (Incoming Register IR) al conmutador entrante B (ver figura 3.1).

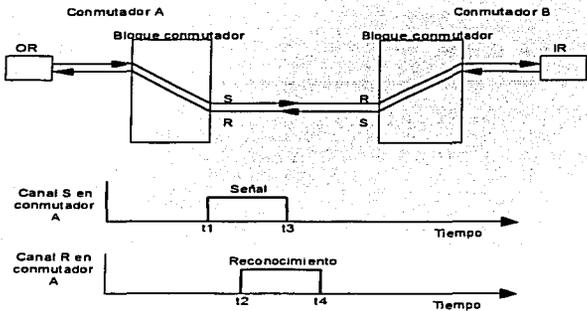
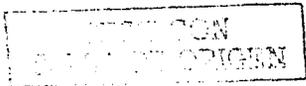


Figura 3.1 Señalización de interregistro forzada y el reconocimiento

Los registros R2 son transceivers: envían y reciben señales de registros. El procedimiento forzado es idéntico a la señalización de supervisión del CCITT no. 5, pero su propósito es enteramente diferente. La señalización de interregistro forzada no es práctica para troncales sobre sistemas de transmisión satelitales, debido a los tiempos de propagación largos (sobre 600 ms). El tiempo requerido para la transmisión de un dígito y su confirmación sería del orden de 1.2 s. y esto resultaría en señalización extremadamente lenta.

Valor de señal	Hacia adelante (Hz)	Hacia atrás (Hz)
1	1380 y 1500	1140 y 1020
2	1380 y 1620	1140 y 900
3	1500 y 1620	1020 y 900
4	1380 y 1740	1140 y 780
5	1500 y 1740	1020 y 780
6	1620 y 1740	900 y 780
7	1380 y 1860	1140 y 660
8	1500 y 1860	1020 y 660
9	1620 y 1860	900 y 660
10	1740 y 1860	780 y 660
11	1380 y 1980	1140 y 540
12	1500 y 1980	1020 y 540
13	1620 y 1980	900 y 540
14	1740 y 1980	780 y 540
15	1860 y 1980	660 y 540

Tabla 3.4 Frecuencias de señales de interregistro CCITT-R2



### **Señales de interregistro**

Las señales hacia delante y hacia atrás consisten de dos frecuencias de voz, seleccionadas de un conjunto de seis (ver tabla 3.4). El conjunto de frecuencias hacia delante y hacia atrás es diferente. Esto es necesario para hacer la señalización del registro conveniente para troncales analógicas de dos hilos. Debido a los dos juegos de frecuencias, dos tipos de registros son necesarios. El registro de salida envía frecuencias hacia delante, y recibe frecuencias hacia atrás. El contrario permanece para registro de entrada.

### **Grupos de señales de interregistro**

Una señal particular hacia delante o hacia atrás puede tener varios significados. Hablamos de señales hacia delante de grupo I, grupo II y, en algunos países, de grupo III, y un grupo A y un grupo B de señales hacia atrás. Señales A son denotadas por su "grupo" y su "valor". Por ejemplo, denotamos una señal de grupo II con valor 7 por II-7. El grupo I de señales hacia delante representa los dígitos de la parte llamada. El grupo II de señales indica la categoría de la parte llamante, y el grupo III de señales, el cual es utilizado en algunas redes nacionales solamente, representa los dígitos de la parte llamante. En señalización R2 y CCITT-R2, el conmutador entrante controla la secuencia de señalización. Un grupo A de señal requiere una señal particular siguiente hacia delante, o indica que el registro de señalización ha terminado. El grupo de señales A puede ser enviado por conmutadores intermedios y por el conmutador local terminal. El grupo B de señales hacia atrás es enviado por el conmutador local terminal solamente. Ellos confirman recepción de una señal hacia delante, y comunican instrucciones de cargos de llamada y estatus de la parte llamada. Los conmutadores entrantes y salientes deben conocer el tipo de señal que está siendo recibida. Para llevar a cabo esto, una secuencia de señalización de registro R2 sigue ciertas reglas:

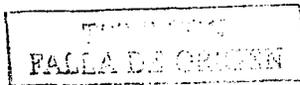
- La primera señal recibida por un conmutador entrante es una señal de grupo I.
- El conmutador saliente interpreta señales hacia atrás como señales de grupo A, hasta que se reciba una señal de grupo A que indique que la próxima señal será una del grupo B. La recepción de una señal del grupo B siempre finaliza la secuencia de señales.

### **Señalización internacional CCITT-R2**

La señalización CCITT-R2 es la versión internacional de la señalización R2, especificada por el CCITT para su uso en redes internacionales sobre troncales analógicas (FDM) de cuatro hilos y un sentido, y sobre troncales digitales (PCM) de uno o dos sentidos. La señalización de supervisión sobre troncales analógicas es continua "tono sobre disponible". CCITT-R2 es también ocupada muy raramente en troncales satelitales, debido a que cada señal de inter registro forzada involucraría dos retardos de propagación en un sentido de cerca de 600 ms cada uno, lo cual resultaría en una señalización de registro muy lenta.

### **Señalización de interregistro CCITT-R2**

La señalización es una adaptación de la señalización nacional R2 para los requerimientos de la red internacional, e incluye un número de señales



internacionales específicas, similares las de CCITT no. 5. Las señales de registro hacia delante están divididas en tres grupos, que se aprecian en la tabla 3.5.

Grupo 0

---

0-1	Operador de habla francesa
0-2	Operador de habla inglesa
0-3	Operador de habla alemana
0-4	Operador de habla rusa
0-5	Operador de habla española
0-10	Suscriptor
0-11	Indicador de código de país, supresor de medio eco de salida requerido
0-12	Indicador de código de país, no se requiere supresor de eco
0-13	Llamada por equipo de prueba automático
0-14	Indicador de código de país; supresor de medio eco de salida incluido

0-6 hasta 0-9, y 0-15 no se utilizan

---

Grupo I: Dígitos en el número llamado

---

I-1	Dígito 1
I-2	Dígito 2
I-3	Dígito 3
I-4	Dígito 4
I-5	Dígito 5
I-6	Dígito 6
I-7	Dígito 7
I-8	Dígito 8
I-9	Dígito 9
I-10	Dígito 0
I-11	Código 11
I-12	Código 12
I-13	Código de dirección para equipo de prueba en conmutador entrante
I-14	Supresor de medio eco entrante requerido
I-15	Fin del número llamado

---

Grupo II: Categoría de la parte llamante

---

II-7	Suscriptor u operador sin transferencia hacia delante
II-8	Transmisión de datos
II-9	Suscriptor con prioridad

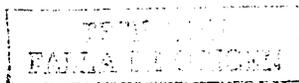
II-1 hasta II-6, y II-10 hasta II-15 no se utilizan

---

Tabla 3.5 Señales CCITT-R2 de interregistro hacia delante

**Grupo 0 de señales**

La primera señal recibida por un conmutador entrante es un grupo de señales 0. una de las funciones de estas señales es similar a las señales KP1 y KP2 en



CCITT no. 5: diferencian las llamadas que terminan en país de las de tránsito. La primera señal en un acceso terminal es 0-1 hasta 0-5, o 0-10 (el cual representa valores de Z dígitos), o 0-13 (indicando una llamada del equipo de prueba al ISC [Centro de Conmutación Internacional: International Switching Center] saliente). Las señales 0-11, 0-12 y 0-14 indican acceso de tránsito. Estas señales implican que el número llamado incluye un código de país, y son también conocidos como *indicadores de código de país* (country code indicators). Adicionalmente, las señales contienen información para el control de los supresores de eco.

#### **Grupo I de señales**

Las señales hacia delante I-1 hasta I-10 representan los dígitos del número llamado. I-11 y I-12 son direcciones para grupos de operadores internacionales, y I-13 es el primer dígito de direcciones que especifican un tipo particular de equipo de prueba al ISC.

#### **Grupo II de señales**

Estas señales hacia delante indican la categoría de la parte llamante, y son enviadas a conmutadores en el país de destino cuando la señalización extremo a extremo es posible. En la práctica, solo la II-7 es usada.

#### **Grupo A de señales**

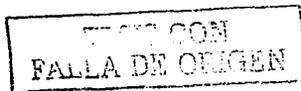
La señal A-1 pide el siguiente dígito de la dirección. Las señales A-2, A-7, A-8 A-11 y A-12 son enviadas, justo antes del corte de flujo, por un ISC de tránsito que ha seleccionado una troncal de salida CCITT-R2. Ello indica la próxima señal a ser enviada por el ISC originador.

A-3 y A-6 indican que el número llamado completo ha sido recibido. A-6 finaliza la señalización de registro, y A-3 pide la categoría de la parte llamante, la cual debe ser confirmada por una señal de grupo B.

A-4 y A-15 indican que la llamada no se puede establecer, y son peticiones para el ISC de que libere la conexión.

#### **Grupo B de señales**

Estas señales transmiten información sobre la naturaleza y el estado del subscritor llamado. Estas señales pueden ser enviadas solo por un ISC que recibe esta información de un conmutador local terminando en su red nacional.



Las señales hacia atrás se listan en la tabla siguiente:

<i>Grupo A</i>	
A-1	Envíe el próximo dígito (n + 1)
A-2	Reenvíe dígito (n - 1)
A-3	Dirección completada, prepárese para recibir un grupo de señales B
A-4	Congestión en Red Nacional
A-5	Envíe categoría de la parte llamante
A-6	Dirección completada, fin de señalización de registro
A-7	Reenvíe dígito (n - 2)
A-8	Reenvíe dígito (n - 3)
A-11	Envíe indicador de código de país (acceso de tránsito)
A-12	Envíe Z-dígito (acceso terminal)
A-13	Envíe naturaleza de circuito
A-14	Envíe información de supresor de eco
A-15	Congestión en Centro de Conmutación Internacional, o todas las troncales ocupadas
A-9 y A-10 no se utilizan	
<i>Grupo B</i>	
B-2	Envíe Tono de Información Especial
B-3	Línea de suscriptor ocupada
B-4	Congestión
B-5	Número no localizable
B-6	Suscriptor disponible, cargo
B-7	Línea de suscriptor disponible, sin cargo
B-8	Línea de suscriptor fuera de servicio
B-9 hasta B-15 no se utilizan	

Tabla 3.6 Señales CCITT-R2 de interregistro hacia atrás

### 3.3.2. Sistema de Señalización #7

#### 3.3.2.1. Arquitectura de SS7

##### Parte de Control de la Conexión de Señalización

La SSCP (Signaling Connection Control Part) provee servicios de red no orientadas a conexión (clase 0) y orientadas a conexión (clase 1) y funciones extendidas incluyendo ruteo especializado (GTT- Global Title Translation: Traducción de Títulos Globales) y capacidades de administración de subsistema sobre el nivel MTP 3.

Muchos de los beneficios del uso de SSCP está en las funciones de ruteo especializadas. Las capacidades de direccionamiento son las que permiten la localización de información de bases de datos o la invocación de facilidades a un conmutador.

Un título global es una dirección, la cual es traducida por el SSCP en un código de punto destino y un número de subsistema. Un número de subsistema únicamente



identifica una aplicación al punto de señalización destino. El SCCP es usado como la capa de transporte para los servicios basados en TCAP.

Hay al menos dos beneficios de la traducción de títulos globales. La primera es que los SP's pueden tener acceso a los datos de todos tipos sin tener que mantener engorrosas tablas. Los nuevos datos pueden ser disponibles universalmente muy rápidamente. La segunda es que las compañías pueden tener un mejor control sobre los datos contenidos en sus propias redes.



Figura 3.2 Arquitectura de SS7. La pila de protocolos SS7 consiste de solamente cuatro niveles y no se alinean perfectamente con el modelo OSI. Esto se debe en parte al hecho de que SS7 fue desarrollado antes que el modelo OSI. Muchos de los principios estaban en el lugar, sin embargo, lo que explica las similitudes.

### **Parte de Aplicación de Capacidades de Transacción (TCAP)**

La TCAP (Transaction Capabilities Application Part) ofrece los servicios para usar aplicaciones diseñadas por usuario, así como, para OMAP (Operations, Maintenance and Administration Part) y para IS41-C (Interim Standard 41, revision C) y GSM MAP (Global Systems Mobile).

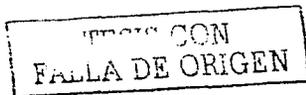
TCAP apoya el intercambio de datos no relacionados a circuitos entre aplicaciones a través de la red SS7, usando el servicio no orientado a conexión de SCCP.

Las consultas y respuestas enviadas entre SSP's y SCP's son transportadas en mensajes TCAP. TCAP es usada ampliamente por locaciones de conmutación para obtener datos de bases de datos o para invocar facilidades a otro conmutador.

En redes móviles, TCAP transporta mensajes de la parte de aplicación móvil (MAP: Mobile Application Part) enviados entre conmutadores móviles y bases de datos para soportar autenticación de usuarios, identificación de equipos y roaming.

### **Parte de Usuario de la Red Digital de Servicios Integrados (ISUP)**

La ISUP (ISDN User Part) es usada a lo largo de la PSTN para proveer la mensajería necesaria para el establecimiento y liberación de todos los circuitos, tanto de voz como digitales. Las redes inalámbricas también pueden hacer uso de



ISUP para establecer la necesaria conexión conmutada en la PSTN. En la red telefónica, los mensajes ISUP siguen la ruta de los circuitos de voz. Esto es, los mensajes ISUP son enviados de un conmutador al otro donde la próxima conexión del circuito es requerida.

La ISUP ofrece dos tipos de servicio, conocidos como Básicos y Suplementarios. Los Servicios Básicos consiste de esos servicios empleados en el proceso de establecimiento y liberación de una llamada. Los Servicios Suplementarios consiste de aquellos servicios empleados en pasar todos los mensajes que pueden ser necesarios para mantener y/o modificar la llamada. La funcionalidad de ISUP puede romperse más allá en tres categorías de procedimiento mayores: Control de Procedimiento de Señalización, Control de Supervisión de Circuitos y Control de Procesamiento de Llamadas.

#### **Parte de Usuario Telefónico (TUP)**

En algunos países (por ejemplo: China, Hong Kong y Brasil), la TUP (Telephone User Part) es usada para soportar el establecimiento y liberación básicas de llamadas. La TUP maneja circuitos analógicos solamente. En muchas regiones del mundo, la ISUP es usada en lugar de TUP para la administración de las llamadas.

#### **3.3.2.2. Funcionamiento de la red SS7**

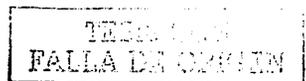
El sistema de señalización #7 (SS7) es el backbone de comunicaciones para las redes de comunicaciones actuales. En el corazón de cualquier compañía telefónica, proveedor de larga distancia o proveedor de celular es una red empleada para por los equipos de estos proveedores para enviar información de control y señalización entre conmutadores. Esta red es la red de comunicaciones para el equipo de comunicaciones.

La señalización no es ciertamente una tecnología nueva. De hecho, se ha usado de una forma u otra desde los días del primer dispositivo de Alexander Graham Bell. La industria ha refinado los métodos de señalización y desde la revolución digital, ha creado nuevas formas de comunicar información relacionada con circuitos o red sobre una red separada, SS7.

Actualmente, toda la industria de las comunicaciones depende de la red SS7. Por ejemplo, haciendo una llamada a un número 800 puede ser difícil sino es por la red SS7. Hay que recordar que los conmutadores enrutan las llamadas basándose en los dígitos marcados. Estos dígitos representan un área, una central que provee el servicio en esa área y el número del usuario.

El código de área 800 puede ser para todo un país y, comúnmente, para todo el mundo. Entonces, el código de área 800 no puede ser ruteado por el conmutador. El número primero debe ser convertido a un número ruteable que el conmutador telefónico pueda entender. Aquí es donde entra la red SS7.

Las compañías telefónicas almacenan estas tablas de traducción en bases de datos que están localizadas centralmente en su red. Cuando un conmutador telefónico recibe dígitos que inician con el código de área 800, esto origina que se haga una petición a la base de datos de los números 800 para obtener el número ruteable antes de proceder con la conexión de la llamada. El conmutador genera un mensaje SS7, el cual es enviado sobre la red SS7 (no sobre la red de voz) a la



base de datos. La base de datos envía entonces el número ruteable de regreso de la base de datos hacia el conmutador.

El uso de la red SS7 no termina aquí. El conmutador envía entonces un mensaje de petición de llamada sobre la red SS7 al conmutador del otro extremo del circuito que será usado para conectar la llamada. Los dos conmutadores intercambian entonces una gran cantidad de información de petición de conexión antes de que la llamada actual sea conectada. Cuando la llamada es finalizada, se intercambian mensajes sobre la red SS7 nuevamente para liberar los circuitos utilizados para la llamada. Esta es una vista muy simplificada de cómo se emplea a la red SS7.

La red SS7 está separada de la red de voz, y es usada solamente con el propósito de conmutar mensajes de datos pertenecientes al negocio de conectar llamadas telefónicas y mantener la red de señalización. La conmutación de paquetes es un método empleado para transferir mensajes a través de la red.

Los conmutadores telefónicos empleados en muchas centrales hoy en día, realizan una función doble. Aparte de conectar circuitos de voz a otros conmutadores y conmutando circuitos de voz de un conmutador a otro ellos deben también desempeñar funciones de señalización. Continuamente esto es completado por computadoras adjuntas, las cuales están conectadas a través de circuitos digitales a otras computadoras en la red.

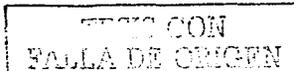
Estas computadoras son conocidas como Puntos de Señalización (SP: Signaling Points). Hay tres funciones requeridas de estos SP's. El originador y el receptor de todos los mensajes en la red están localizados en las centrales. Todos los mensajes son conmutados a través de la red usando puntos de transferencia. Estos puntos de transferencia no originan los mensajes y rara vez son receptores de estos; ellos son usados para conmutar los paquetes que son recibidos por las centrales.

Otra función es proveer acceso a las bases de datos. Los sistemas frontales reciben los paquetes destinados a una base de datos direccionable y convertidos del protocolo SS7 al protocolo X.25 o algún otro protocolo de transporte (como TCP/IP) llevando como carga de usuario las primitivas que la base de datos puede leer directamente. Debe ser capaz de recibir mensajes, rutearlos a la base de datos apropiada (basándose en su dirección), y manteniendo posible la transferencia de mensajes de la red SS7 al ambiente de la base de datos.

Todos los nodos en la red SS7 son llamados puntos de señalización. Un punto de señalización tiene la habilidad de realizar discriminación de mensajes (leer la dirección y determinar si el mensaje es para ese nodo), también ruteo de mensajes SS7 a otros puntos de señalización. Existen tres tipos diferentes de puntos de señalización:

- Service Switching Point (SSP)
- Signal Transfer Point (STP)
- Service Control Point (SCP)

Los puntos de señalización proveen acceso a la red SS7, proveyendo acceso a bases de datos usadas por conmutadores dentro y fuera de la red, y transfiriendo mensajes SS7 a otros puntos de señalización dentro de la red. Los puntos de señalización están desplegados en pares para redundancia y diversidad. El



secreto para la red SS7 y para asegurar que la red siempre estará siempre operacional es proveer rutas alternas en caso de falla. Estas rutas alternas proveen la confiabilidad necesaria en una red de esta naturaleza, y asegurar que los mensajes SS7 siempre lleguen a sus destinos (figura 3.3).

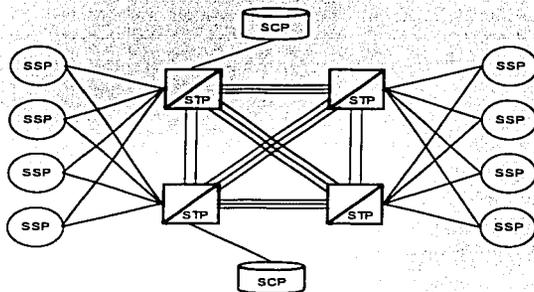


Figura 3.3 Esta figura muestra una red SS7 típica, con múltiples enlaces B y A

### Service switching Point (SSP)

El SSP es el conmutador local en la red de voz. Un SSP puede ser una combinación de conmutador de voz y conmutador de SS7, o una computadora adjunta conectada al conmutador de voz local. El SSP provee la funcionalidad de comunicación con el conmutador de voz vía el uso de primitivas y creando los paquetes, o unidades de señal, necesarias para la transmisión en la red SS7.

El SSP debe convertir la señalización del conmutador de voz a mensajes de señalización SS7, los cuales entonces pueden ser enviados a otros conmutadores a través de la red SS7. El conmutador enviará típicamente mensajes relacionados a sus circuitos de voz al conmutador con el cual está conectado directamente.

En el caso de acceso a bases de datos, el SSP podrá enviar búsquedas a la base de datos a través de la red SS7 para el sistema de cómputo localizado centralmente en la red (o regionalmente). Este será el primer uso de la red SS7, que a partir del uso de los números 800 se vio que era necesario.

El tráfico mezclado de la mayoría de las redes SS7 sigue siendo principalmente mensajes relacionados a circuitos. Con la implementación de aplicaciones tales como *Local Number Portability* (LNP), la mezcla de tráfico está cambiando significativamente, comenzando a ser predominantemente mensajes no relacionados con circuitos.

Estos mensajes se originan en los SSP's y son usados para conectar circuitos de voz de un conmutador a otro. Sin embargo, el SSP no usa mensajes relacionados a circuitos de manera exclusiva.

Antes de que el conmutador pueda rutear una llamada, debe primero ser capaz de acceder a la información relacionada con el destino de la llamada. Para la mayoría de las llamadas, el número marcado es suficiente para rutear la llamada. Sin embargo, con los números 800 y 900, el ruteo es imposible, debido a que el número marcado no proporciona la información suficiente sobre el destino de la llamada.

Con la implementación de portabilidad de números, casi todas las llamadas ahora requieren chequearse en la base de datos LNP para determinar cual red (o carrier) ahora atenderá el número llamado. En el pasado, los números telefónicos eran asignados a una central específica para simplificar el ruteo. Por ejemplo, el rango de números 919-460-xxxx podía ser asignado a una central (o varias centrales) en una red de un carrier. Con la portabilidad de números, este número puede ser movido al conmutador de otro carrier. El "dueño" original del número deberá marcar la base de datos del conmutador para indicar que el número ahora es "portado". Portar es el movimiento de un número de un conmutador a otro (sin importar la geografía) permitiendo a los usuarios el moverse o cambiar de compañía telefónica sin cambiar de número telefónico.

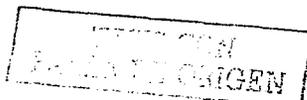
Si el conmutador llamante determina que el número llamado ha sido "portado" generará una primitiva al SSP pidiéndole enviar una petición para la base de datos LNP y determinar a cual conmutador ha sido reasignado el número. Por esta razón, el SSP debe acceder a una base de datos remota para conocer el ruteo del número asignado a los números 800 o 900, o la nueva localización de un número portado. Una vez que esta información ha sido obtenida, el SSP puede entonces iniciarse la conexión de circuitos basada en la nueva información de ruteo del número.

La función del SSP es utilizar la información proveída por la parte llamante (tales como los dígitos marcados) y determinar cómo conectar la llamada. Una tabla de ruteo identificará cual circuito de troncal o soquet de TCP usar para conectar la llamada, y en cual conmutador termina esta troncal. Un mensaje SS7 debe ser enviado a este conmutador adyacente pidiendo una conexión de circuito en la troncal o soquet especificado.

El conmutador adyacente confirma el permiso de conexión, para conectarse a la troncal o soquet, mediante el envío de un mensaje de confirmación al conmutador originador. Usando la información de la parte llamada en el mensaje de establecimiento, el conmutador adyacente puede determinar como conectar la llamada a su destino final. Esta puede requerir una gran cantidad de conexiones entre muchos conmutadores adyacentes. Las funciones del SSP administran estas conexiones hasta que el destino final es alcanzado.

Con el advenimiento de la telefonía por paquetes, la actualización ha representado una fracción del costo de los anteriores equipos por que los conmutadores son basados en servidor. Las funciones del SSP están ahora distribuidas en múltiples dispositivos a través de la red de conmutación de paquetes.

Hay muy pocas características SS7 requeridas del SSP. La habilidad de enviar mensajes usando el protocolo ISUP (ISDN User Part) y el protocolo TCAP (Transaction Capabilities Application Part) es el único requerimiento.



### Signal Transfer Point (STP)

Todos los paquetes SS7 viajan de un SSP a otro a través de los servicios de un Punto de Transferencia de Señales (STP). El STP sirve como un ruteador en la red SS7. Los mensajes no son usualmente originados por un STP. El STP conmuta los mensajes SS7 como los recibe de los varios SSP's a través de la red a su destino apropiado (figura 3.4).

El STP puede estar adjunto al conmutador. Muchos conmutadores tandem poseen la capacidad de conmutar voz a través del conmutador y la funcionalidad de STP a través del uso de una computadora adjunta. No obstante que bastantes fabricantes ofrecen equipo STP, muy pocos proveen STP solos. Una solución de este tipo ofrece muchos beneficios.

Utilizando un STP solo, las compañías pueden centralizar muchas funciones importantes generadoras de beneficios en sus redes. Esto incluye servicios proveídos por los STP's y monitoreo de la red SS7 completa. Actualizar el SS7 es mucho más simple y más efectiva en costo cuando se utilizan STP's únicos porque todos los conmutadores deben ser actualizados cuando esta función está integrada en un conmutador tandem. Muchos carriers han cambiado sus arquitecturas de red, reemplazando STP's basados en conmutación de circuitos con nuevos STP's únicos por esta razón.

Existen tres niveles de STP's:

- National Signal Transfer Point (STP)
- International Signal Transfer Point (STP)
- Gateway Signal Transfer Point (STP)

Cada uno de estos tipos tiene funciones parecidas, pero las realiza en una jerarquía diferente, no profundizaremos más en estas diferencias, debido a que está fuera del alcance de este trabajo.

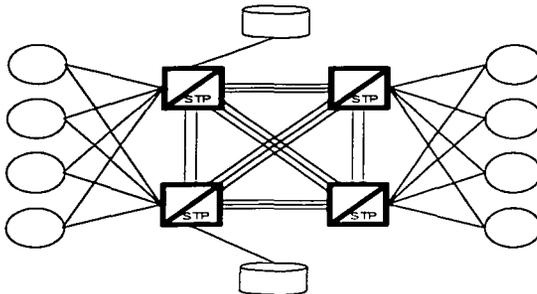
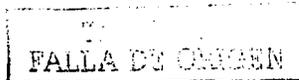


Figura 3.4 Esta figura muestra la relación del STP a la red SS7



### **Service Control Point (SCP)**

El Punto de Control de Servicio (Service Control Point SCP) sirve como una interfaz a las bases de datos de las compañías telefónicas. Estas bases de datos son utilizadas para almacenar información sobre los servicios de los suscriptores, ruteo de números de servicios especiales (como son números 800 y 900), validación de tarjetas para llamadas y protección contra fraudes, y siempre servicios de Red Inteligente Avanzada (Advanced Intelligent Network AIN) usados cuando se crea un servicio para un usuario. El SCP es usualmente una computadora usada como un frente para el sistema de bases de datos. Algunas nuevas aplicaciones SCP están empezando a ser implementadas en los STP's, proveyendo una solución integrada. En todos los casos, la dirección del SCP es un código de punto, mientras que la dirección de la base de datos es un número de subsistema. La función del SCP no es necesariamente almacenar todos los datos, pero es la interfaz para el sistema mainframe o la mini computadora, que es usado por la base de datos actual. Este sistema de cómputo está usualmente ligado al SCP a través de enlaces X.25. En los STP/SCP integrados, la base de datos está residente en el SCP. El SCP puede desempeñar conversiones de protocolos de SS7 a X.25, o puede proveer la capacidad de comunicarse con la base de datos de la computadora directamente, a través de primitivas. Una primitiva es una interfaz que provee el acceso de un nivel del protocolo a otro nivel. En el caso de la base de datos, la base de datos es considerada una entidad de aplicación, y el protocolo usado como interfaz y para acceder a esta entidad de aplicación es la Parte de Aplicación de Capacidades de Transacción (*Transaction Capabilities Application Part*: TCAP). El tipo de base de datos depende de la red. Cada proveedor de servicio tiene diferentes requerimientos, y sus bases de datos difieren.

### **Enlaces de datos de señalización**

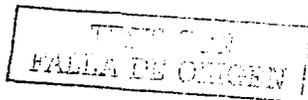
Todos los puntos de señalización están interconectados vía enlaces de datos de señalización. Estos enlaces son de 56/64 Kbps, 10/100 Mbps y 1,536 Mbps. Los enlaces son bidireccionales, usando cada uno un par de transmisión y otro de recepción para transmisiones simultáneas en ambas direcciones.

Hay tres modos de señalización que pueden ser usados. Estos tres modos dependen de la relación entre el enlace y la entidad a la que sirve. El modo más simple se refiere a una señalización asociada.

En la señalización asociada el enlace está paralelo directamente con la facilidad de voz a la cual está proveyendo señalización. Esto, por supuesto, no es el ideal, debido a que se requeriría un enlace de señalización de una central a cada otra central en la red.

La señalización no asociada utiliza una ruta lógica separada del actual de voz, como se ve en la figura 3.5. Hay usualmente múltiples nodos involucrados para alcanzar el destino final, mientras que la voz puede ser una ruta directa al destino. La señalización no asociada es un hecho común en muchas redes SS7.

La señalización cuasi asociada (figura 3.6) utiliza un mínimo número de nodos para alcanzar el destino final. Este es el método más favorable de señalización, debido a que cada nodo introduce un retardo en la transmisión de la señal. Las



redes de paquetes hacen la diferencia, entre los tipos de señalización, más difícil debido a la naturaleza de estas redes.

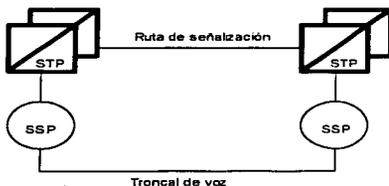


Figura 3.5 La señalización no asociada implica el uso de STPs para alcanzar el conmutador remoto. Como se muestra en esta figura, para establecer una conexión de troncal entre los dos conmutadores, los mensajes de señalización habrían de ser enviados vía SS7 y STPs al conmutador adyacente

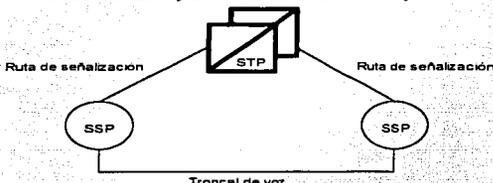


Figura 3.6 En la señalización cuasi-asociada, ambos SSPs se conectan al mismo STP. La ruta de señalización se mantiene a través del STP al SSP adyacente

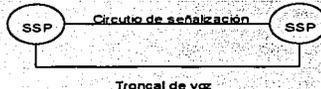
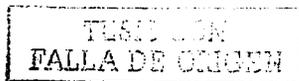


Figura 3.7 En algunos casos, lo mejor puede ser conectar dos SSPs vía un enlace de señalización. Todos los mensajes SS7 relacionados a circuitos que conectan los dos conmutadores son enviados a través de este enlace. Una conexión se continúa proporcionando al STP local usando otros enlaces para soportar todo el demás tráfico SS7.

Los enlaces de datos de señalización (ver figura 3.8) están etiquetados de acuerdo a su función. No hay diferencia entre los diversos enlaces, solamente en el sentido en que los enlaces son utilizados durante la transferencia de mensajes y cómo interactúa la administración de la red con los enlaces. Los enlaces están en grupos llamados *linksets*. Todos los enlaces en un linkset deben tener el mismo nodo adyacente. El equipo de conmutación alternará la transmisión a través de



todos los enlaces en el linkset para asegurar el uso igualitario de todas las facilidades. Hasta 16 enlaces pueden ser asignados a un linkset.

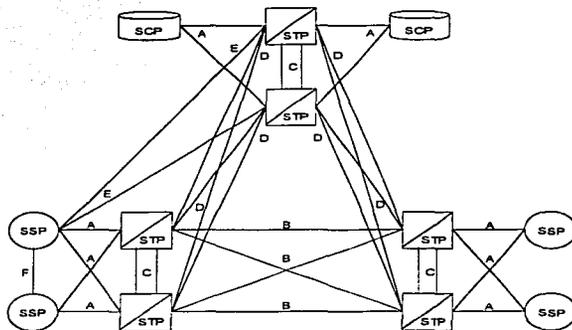
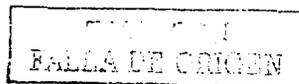


Figura 3.8 Todos los enlaces de señalización, están etiquetados acorde a su localización en la red. No existe una diferencia física real entre diferentes enlaces, mas que el tratamiento de administración de red

### Rutas

Adicionalmente al linkset, un punto de señalización debe definir rutas. Una ruta es una colección de linksets usados para alcanzar un destino particular. Un linkset puede contener más de una ruta. Una colección de rutas es conocida como un *routeset*. Un routeset está asignado a un destino. Los routesets son necesarios porque, si solamente una sola ruta existe y esta ruta estuviera no disponible, una ruta alternativa podría no estar definida y ninguna señalización podría ser enviada a ese destino. Un routeset provee rutas alternativas al mismo destino en el caso de que alguna ruta se vuelva no disponible. Un destino es una entrada de dirección en una tabla de ruteo de un punto de señalización remoto. Los destinos no tienen que estar directamente adyacentes al punto de señalización, pero ellos deben ser un código de punto el cual puede ser alcanzado por el punto de señalización. Un punto de señalización no debe conocer todos los códigos de punto entre él y los destinos, solamente cual link o linkset debe usar para alcanzar el destino. Un punto de señalización puede tener múltiples direcciones, si esto es necesario para particionar un punto de señalización en múltiples funciones. Por ejemplo, una gateway STP usada para entrar a la red internacional puede tener múltiples códigos de punto: uno para la función de gateway y otro para los servicios de traducción de títulos global.

Pudiera parecer como si un STP debiera de conocer millones de códigos de punto, pero actualmente esto no es el caso. Si un carrier está conectado a la red de otro



carrier, el STP necesita solamente saber solamente los códigos de punto en esa red. Viene a ser responsabilidad del otro carrier asegurarse que las conexiones sean hechas en otras redes.

Los enlaces siempre deben ser terrestres, no obstante los enlaces satelitales son soportados por el estándar. Los enlaces satelitales son desfavorables debido al retardo que introducen. En los casos en los que los enlaces satelitales son usados, el etiquetado y las funciones de los enlaces son las mismas. Los procedimientos de administración de la red son los mismos excepto por los procedimientos usados en el nivel dos del protocolo (alineamiento del enlace, detección y corrección de errores). Los enlaces satelitales emplean un método de detección y corrección de errores que los enlaces terrestres. La detección y corrección de errores básica, es usada en todos los enlaces terrestres, y la retransmisión cíclica preventiva (Preventive Cyclic Retransmission: PCR) es usada para los enlaces satelitales. La diferencia entre las dos radica en el mecanismo de retransmisión. En la detección y corrección de errores básica, un bit indicador es usado para indicar retransmisión. En PCR, si un acuse de recibo no es recibido para las unidades de señalización transmitidas en un tiempo específico, todas las unidades de señalización de las que no se han recibido los acuses son retransmitidas.

### **Enlaces**

El enlace debe permanecer disponible para el tráfico SS7 todo el tiempo, con caídas mínimas. Cuando un enlace falla, los otros enlaces del linkset deben tomar el tráfico. Asimismo, si una entidad SS7 (como un STP) fallara, su compañero asumirá la carga. Esto significa que los enlaces pueden cargarse repentinamente con más tráfico del que pueden manejar. Por esta razón, las entidades SS7 son diseñadas para enviar menos del 40% del tráfico en un enlace. En el caso de una falla, cualquier enlace puede ser repentinamente responsable del tráfico del enlace que ha fallado. Al 40% de capacidad, este tiene suficiente espacio para este tráfico. Siempre al 80% de capacidad, el enlace mantiene suficiente capacidad para transportar mensajes de administración de la red SS7 adicionalmente al tráfico extra. Existen seis diferentes tipos de enlaces usados en SS7:

- Access (A) links
- Bridge (B) links
- Cross (C) links
- Diagonal (D) links
- Extended (E) links
- Fully associated (F) links

### **Enlace de acceso (A)**

El enlace de acceso (A), ver figura 3.9, es usado entre el SSP y el STP, o entre el SCP y el STP. Estos enlaces proveen acceso entre la red y la base de datos a través del STP. Siempre hay al menos dos enlaces A, uno a cada par de STP. En el caso de que el STP no esté en pares, existirá solo un enlace A, aunque esto es altamente inusual.

El número máximo de enlaces A a algún STP es 16. Los enlaces A pueden ser configurados en arreglos de 16 a cada STP, proveyendo 32 enlaces al par. Cuando se trata de determinar cuantos enlaces A se requieren, la fórmula fácil es calcular el número de líneas de acceso soportadas por el conmutador. Un enlace A puede soportar 9,600 líneas.

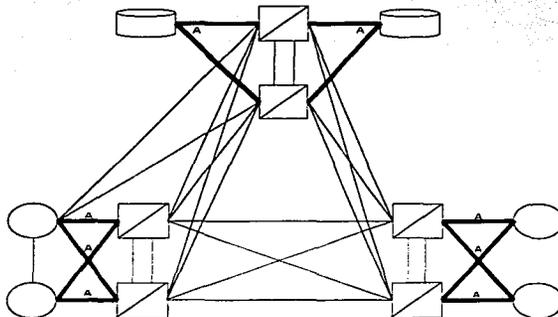


Figura 3.9 Los enlaces de acceso conectan puntos de señalización extremos a la red SS7

### Enlaces puente (B)

Los enlaces puente (B) son usados para conectar STPs pareados con otros STPs pareados del mismo nivel jerárquico. Los enlaces puente son desplegados en un arreglo cuadrado, como se muestra en la figura 3.10, he ahí el por qué son comúnmente conocidos como enlaces cuadrados. Un máximo de ocho enlaces B pueden ser desplegados entre STPs pareados. Aunque esta práctica es muy empleada en Estados Unidos, las redes no utilizan los enlaces puente como parece.

### Enlaces de cruce (C)

Los enlaces de cruce (figura 3.11) conectan un STP a su STP pareado. Son siempre desplegados en parejas, para mantener redundancia en la red. Normalmente el tráfico SS7 no es ruteado sobre estos enlaces, excepto en condiciones de congestión. El único mensaje que atraviesa entre los STPs pareados en condiciones normales, son los mensajes de administración de la red. Si un nodo es aislado y la única ruta disponible es sobre un enlace C, entonces los mensajes SS7 normales pueden ser ruteados sobre estos enlaces. Un máximo de ocho enlaces C pueden ser desplegados entre pares de STPs.

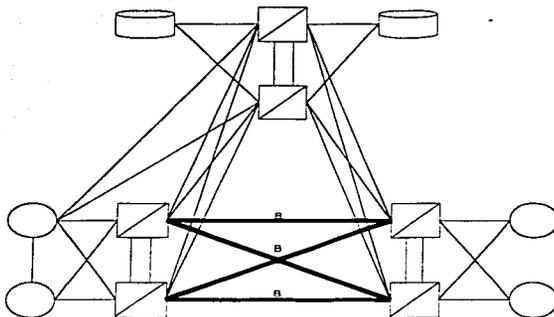


Figura 3.10 Los enlaces puente conectan un par de STPs pareados a otro par de STPs

#### Enlaces diagonales (D)

Los enlaces diagonales (figura 3.12) son utilizados para interconectar pares de STPs pareados de un primer nivel jerárquico a un nivel jerárquico secundario. Por ejemplo, un carrier puede tener STPs distribuidos en cada LATA (Local Access Transport Area: Área de Transporte de Acceso Local). Él puede entonces desplegar STPs en regiones, actuando como concentradores. Esto podría prevenir la necesidad de interconectar cada STP a todos los otros STPs. Las LATAs sin región definida pueden todas conectarse a un STP, el cual puede proveer conexión a los otros STPs regionales. Esta aproximación jerárquica puede solo encontrarse en redes SS7 muy grandes.

No todas las redes tienen enlaces D, por que no todas las redes usan una arquitectura de red jerárquica. Los enlaces D son desplegados en arreglos cuadrangulares como los enlaces B. Un máximo de ocho enlaces D pueden ser usados entre dos pares de STPs pareados.

#### Enlaces extendidos (E)

Los enlaces extendidos E (figura 3.13) son usados para conectar un par de STP remotos de un SSP. El SSP se conecta a su STP par pero, por diversidad, puede ser conectado a un STP remoto también, utilizando enlaces E. Los enlaces extendidos entonces vienen a ser la ruta alterna para mensajes SS7 en el caso que una congestión pueda ocurrir en los pares de STP locales. Un máximo de 16 enlaces E pueden ser usados entre pares de STP remotos.

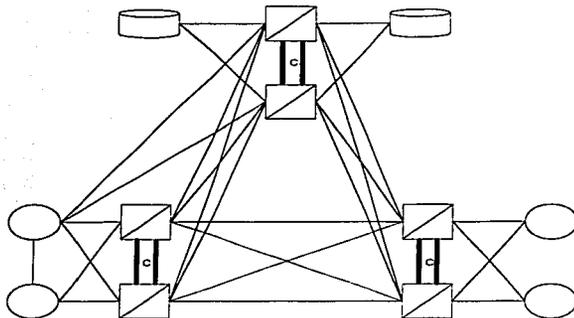


Figura 3.11 Los enlaces cruzados conectan un STP a su STP pareja, creando un par pareado. Los pares son idénticos en función y configuración, y tienen la habilidad de asumir el tráfico de su pareja en caso de que esta falle. Estos enlaces son usados para intercambiar mensajes de administración de red, y cuando no hay otra ruta disponible, las señales de tráfico.

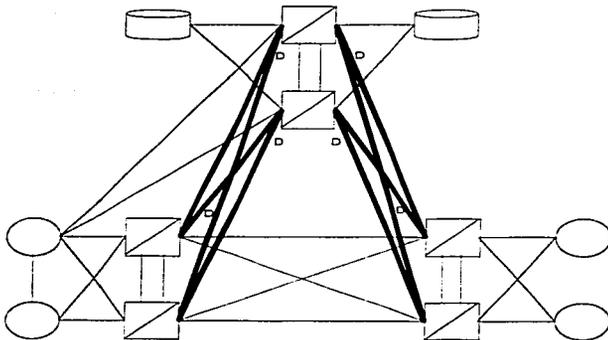


Figura 3.12 Los enlaces diagonales conectan STPs pareados a otros pares de STPs que están desplegados sobre un nivel mayor en la jerarquía de la red. En esta figura, los enlaces D son usados para conectar a un par regional de STPs, que provee acceso a una base de datos localizada regionalmente

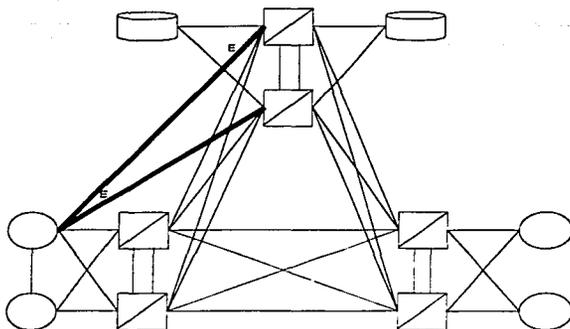


Figura 3.13 Los enlaces extendidos conectan un SSP con un STP no considerado su STP local. Esto es hecho por diversidad y para ofrecer una ruta alterna sobre su STP local. Esta configuración puede también ser usada cuando hay un alto volumen de tráfico a un destino particular, para prevenir que el par STP local se congestione

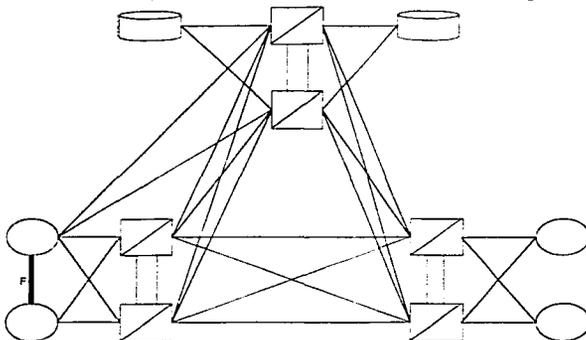


Figura 3.14 Los enlaces completamente asociados conectan dos SSPs directamente, permitiendo al tráfico de señalización seguir la misma ruta (en paralelo) como los circuitos de voz. Esto es comúnmente encontrado cuando existe un alto volumen de tráfico de señalización (ISUP) entre dos conmutadores. Esta configuración también puede ser usada cuando no hay un acceso directo a la red SS7

### Enlaces completamente asociados (F)

Los enlaces completamente asociados (figura 3.14) son usados cuando una gran cantidad de tráfico puede existir entre dos SSPs, o cuando un SSP no puede ser conectado directamente a un STP. Los enlaces F permiten a los SSPs usar el protocolo SS7 y acceder a bases de datos SS7 incluso cuando no es económico proveer una conexión directa a un par de STP.

Cuando el tráfico es particularmente pesado entre dos centrales, el STP puede desviarse en total, proporcionando que ambos STPs sean locales a cada otro. Solo los procedimientos de conexión y desconexión podrían ser enviados por estos enlaces.

### Enlaces TCP/IP

La próxima generación de redes está basada en redes de paquetes TCP/IP. Voz, datos, video y audio serán transportados sobre TCP/IP en lugar de medios canalizados. Este tipo de red ofrece considerables ahorros de costos, esto es el por qué cada carrier está examinando el uso de TCP/IP.

Utilizar TCP/IP para SS7 presenta algunos problemas. Los protocolos de TCP/IP no soportan aplicaciones de tiempo real como la voz. SS7 requiere una gran calidad de servicio (QoS) también, lo cual obliga cambios en los protocolos de TCP/IP. MTP niveles 2 y 3 proveen muchos servicios que actualmente no son soportados en TCP/IP. Las redes de paquetes son más eficientes que las de canales debido a que permiten un uso mucho más eficiente del ancho de banda disponible.

Eventualmente, todas las redes estarán basadas en TCP/IP, eliminando equipos de canalización heredados. Esta migración ya comenzó y se está difundiendo a través de la industria mundial.

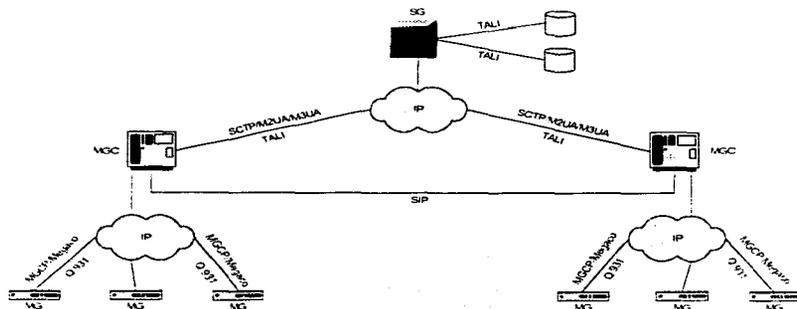
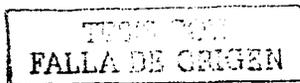


Figura 3.15 Los protocolos de señalización propuestos para redes de telefonía IP y dónde se usan en la red



### 3.3.3. Señalización de telefonía IP

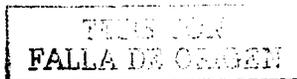
La figura 3.15 muestra la red telefónica IP típica y los protocolos usados para la señalización (o propuestos para señalización) entre las diferentes entidades. Las arquitecturas de la UIT o de la IETF tienen básicamente tres entidades: una gateway, un agente de llamadas responsable del control de llamadas y una gateway de señalización. La red UIT actual adiciona un dispositivo más para proporcionar funciones de gateway entre redes.

La señalización para estas arquitecturas varía dependiendo si está uno viendo al IETF o a la UIT. La señalización entre las diferentes entidades no es necesariamente SS7. Muchos protocolos están siendo desarrollados para esta función. La figura 3.15 muestra los protocolos del IETF propuestos para redes de telefonía IP y dónde son usados en la red. Entre las gateways y los controladores de gateways (agentes de llamadas) hay dos protocolos compitiendo: *Media Gateway Controller Protocol (MGCP)* y *Megaco*. Cualquiera de los dos puede eventualmente volverse el estándar final del IETF después que el desarrollo haya sido completado. En el interin, los vendedores siguen implementando ambos protocolos en sus soluciones, seleccionando uno sobre el otro dependiendo de sus propias opiniones. La UIT ha respaldado el protocolo *Megaco* y está usándolo como base para su protocolo H.245. El propósito de cualquiera de estos dos protocolos es proveer comunicaciones para la MG de regreso a la MGC, y viceversa, para control de llamadas y señalización. En algunos casos, incluso Q.931 puede ser usada como una solución intermedia (como es el caso con la mayoría de soluciones comerciales). Manteniendo en mente que esto es para el propósito de señalización solamente. El tráfico paquetizado soportado (voz, datos y demás) utiliza el protocolo IP: RTP (Real Time Protocol).

El protocolo de inicio de sesión (SIP) fue diseñado para comunicaciones entre dos MGCs. Esto es algo análogo a SS7 en una red telefónica convencional. Para transportar SS7 en una red telefónica, hay tres nuevos protocolos que están en desarrollo por el IETF: *Simple Control Transmission Protocol (SCTP)*, *MTP2 User Adaptation (M2UA)*, y *MTP3 Use Adaptation (M3UA)*.

#### 3.3.3.1. Simple Control Transmission Protocol (SCTP)

Un número de limitaciones con TCP impide el desempeño de mensajería SS7. La naturaleza de TCP y el cómo son priorizados los mensajes requiere retardos innecesarios en el procesamiento de paquetes TCP. Para asegurar que un paquete completo es recibido, la función de empuje de TCP debe ser usada. Estas limitaciones fueron tomadas en consideración cuando se desarrollo SCTP. Inicialmente, el SCTP fue para usar los servicios de UDP para transporte. Esto cambió pronto, sin embargo, cuando se determinó que UDP no era un transporte fiable y causa problemas él mismo. SCTP fue entonces cambiado a un protocolo "peer" para TCP y UDP. SCTP es un protocolo orientado a conexión que provee un número de funciones. Además de segmentación y reensamblado, SCTP también provee administración de rutas. Cuando SCTP determina que una ruta particular a un punto final es inalcanzable, SCTP le reporta a la aplicación (ISUP, TCAP, y otras) el cambio de estado de la ruta. Asimismo, si por alguna razón ocurre un número de retransmisiones para una sesión que se tenga, SCTP considera el destino como inalcanzable y reporta la falla a la aplicación. Un



contador es utilizado por SCTP para determinar el umbral de retransmisiones permitidas. Se envían "pulsos" periódicos a todas las sesiones establecidas para asegurarse que son alcanzables.

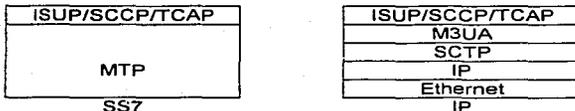


Figura 3.16 La pila de protocolos utilizados para transportar SS7 sobre una red de telefonía IP involucra varios protocolos más que en una red SS7 convencional, como se muestra en comparación aquí.

El SCTP es capaz de liberar una sesión completamente en caso de falla, reportando la causa de la liberación a la aplicación utilizando códigos de causas. Esto ayuda en la solución de problemas de red. Tanto el direccionamiento IPv4 (32 bits) como el IPv6 (128bits) son soportados.

### 3.3.3.2. MTP3 User Adaptation Layer (M3UA)

Como se muestra en la figura 3.17, el M3UA utiliza los servicios de SCTP para transportar y proveer servicios al nivel de aplicación (ISUP, TCAP y demás). Cuando se compara con el SS7 convencional, la combinación de SCTP y M3UA es equivalente a los servicios proveídos por MTP.

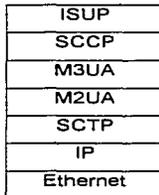
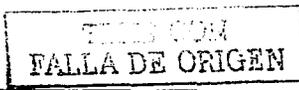


Figura 3.17. La pila completa de protocolos para transporte de ISUP o TCAP usando estándares de IETF

Aunque la figura muestra IP y Ethernet, ambos: SCTP y M3UA están diseñados para ser independientes del transporte. ATM o Frame Relay pueden ser usados de manera muy sencilla. El propósito de M3UA es proveer los mismos servicios que MTP3, con algunas excepciones.

El SS7 convencional tiene una frontera limitante de 256 octetos (limitación de MTP3). Esta limitante no existe con M3UA. No obstante, sin embargo M3UA no



tiene la misma frontera de limitación, las gateways de señalización todavía deben seguir el límite de 256 octetos para prevenir la fragmentación de mensajes que están siendo enviados a la PSTN. Otro rol de M3UA es el mapeo de códigos de punto para las direcciones IP. El ruteo está basado en cuatro parámetros; DPC, OPC, SIO y rango CIC (mensajes ISUP). Para TCAP, el ruteo está basado en DPC, OPC, SIO y SSN.

### 3.3.3.3. MTP2 User Adaptation Layer (M2UA)

M2UA proporciona los mismos servicios como MTP2, inclusive administración de enlaces. M2UA guarda el estado de los enlaces y tiene la habilidad de realizar los cambios y funciones de administración de enlace relacionadas a los paros del procesador.

Una diferencia entre MTP2 y M2UA es la ausencia de números de secuencia hacia atrás y hacia delante. En cambio, SCTP provee *número de secuencia transmitida* (transmit sequence number: TSNs) en su lugar. La figura 3.17 muestra la pila de protocolos, incluido M3UA.

Cuando M3UA es añadido, hay muchos niveles de protocolos, todavía el uso de IP es más eficiente que MTP sobre los circuitos TDM.

#### **4. RED TELEFÓNICA DE LA UNAM**

La Subdirección de Operación Telefónica es la encargada de brindar, a la Comunidad Universitaria, independientemente de su ubicación geográfica, los servicios de comunicación telefónica y radio-localización personal, a través de los más modernos medios tecnológicos para garantizar la mayor confiabilidad y contribuir en el mejor desempeño de las actividades sustanciales de nuestra Institución. Renovar los servicios telefónicos de la UNAM con las tecnologías más modernas y eficientes, implica brindar a la institución el soporte necesario para el mejoramiento de sus actividades sustantivas.

##### **Misión de la red de voz de la UNAM:**

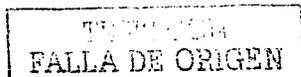
Proporcionar a las dependencias de la UNAM el servicio de comunicación de voz, en tiempo real, con equipo propio, buscando siempre satisfacer sus necesidades y manteniendo un comportamiento homogéneo en toda la red.

##### **Visión de la red de voz de la UNAM:**

Emplear la tecnología más avanzada y disponible en el país, para los sistemas de conmutación, transmisión y demás procesos involucrados, para proporcionar el servicio de comunicación de voz, en tiempo real, a las diversas dependencias de la UNAM, con un comportamiento homogéneo y transparente, para los usuarios, en toda la red.

##### **Funciones principales**

- Planear, analizar y difundir los procedimientos y la normatividad, para la asignación de los diferentes servicios de telefonía (analógica, digital, pública y celular) y radiolocalización personal, de las dependencias de la UNAM.
- Planear y analizar el crecimiento de la infraestructura telefónica para satisfacer las demandas universitarias.
- Planear y analizar la migración o actualización de los sistemas de conmutación digital de la UNAM.
- Planear y analizar la incorporación de campus universitarios foráneos, a la red de conmutación digital de la UNAM.
- Planear, analizar y difundir los procedimientos y la normatividad para las instalaciones de cableado estructurado en las nuevas construcciones universitarias, en colaboración con la Coordinación de Conectividad.
- Planear, analizar y difundir los procedimientos y la normatividad para las instalaciones telefónicas en los edificios existentes.
- Planear, analizar y evaluar nuevas tecnologías para incorporarlas a la red de conmutación digital.
- Recibir, analizar y autorizar en su caso, las solicitudes de las dependencias de la UNAM relacionadas con servicios de telefonía analógica, digital, celular, pública y radiolocalización personal, nuevos servicios, mantenimientos menores y mayores de la infraestructura telefónica y reubicaciones.
- Coordinar las actividades administrativas relacionadas con los servicios de telefonía (analógica, digital, celular, pública y de radiolocalización personal).



- Coordinar los servicios de facturación telefónica y radiolocalización personal generados por Cómputo Académico para todas las dependencias de la UNAM.
- Coordinar las actividades de las áreas operativas de telefonía.

### **Departamento de Conmutación**

Este Departamento se encarga de coordinar la administración, mantenimiento y operación de la infraestructura telefónica analógica y digital existente en la UNAM. Así mismo, de evaluar nuevas tecnologías que puedan ser implementadas en la red telefónica. Las funciones que desarrolla el departamento de Conmutación se dividen en 3 áreas principales:

#### **Operación:**

- Coordina la atención a solicitudes de expansión de nuevas líneas, reubicaciones e instalación de aparatos telefónicos.
- Administra y da seguimiento a reportes de fallas de equipos y líneas telefónicas.
- Coordina la programación de facilidades de equipos conmutadores y multilíneas así como su mantenimiento preventivo.
- Programa el mantenimiento (limpieza) de distribuidores telefónicos de las dependencias así como la evaluación de la vida útil de sus cableados.
- Coordina el mantenimiento a los equipos PBX, FOMS's y de Microondas.

#### **Administración**

- Coordina la centralización y captura de la información que forma la base de datos de la red telefónica.
- Coordina la generación de reportes y estadísticas del tráfico telefónico y alarmas en rutas y extensiones de los conmutadores digitales.
- Coordinar la programación de funciones y facilidades de las extensiones de los conmutadores digitales.
- Administra el plan de numeración de la red telefónica.

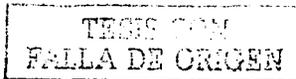
#### **Desarrollo**

- Coordina el diseño e implementación de dispositivos electrónicos que satisfagan los requerimientos de la red telefónica.
- Coordina la evaluación de nuevas tecnologías que puedan ser implementadas en la red de conmutación telefónica.

### **4.1. Breve historia**

Durante el año de 1989 se creó la Dirección de Telecomunicaciones, cuyo objetivo era crear la Red Integral de Telecomunicaciones de la UNAM. Esta red debería de ser capaz de transmitir voz, datos imágenes y posteriormente video entre las dependencias universitarias, ubicadas desde Ensenada, en Baja California hasta Puerto Morelos, en Quintana Roo. Los objetivos principales de esta red eran.

- Integrar a sus alumnos, desde el bachillerato hasta el postgrado, a la cultura informática, entendida esta como la integración del cómputo y las telecomunicaciones. Incorporar la enseñanza de la informática a los planes formales de estudio de todas las Disciplinas y actualizarla periódicamente.



- Proporcionar a su personal docente y de investigación todas las herramientas de la tecnología informática para el desarrollo de sus actividades.
- Dotar a la institución de una moderna infraestructura de telecomunicaciones y cómputo.
- Utilizar esta herramienta como un factor de transformación profundo en su modelo de enseñanza aprendizaje.

Respondiendo a la apremiante necesidad de nuestra comunidad de modernizar las comunicaciones en la Universidad en un plazo relativamente corto; a finales de 1989 se estableció un ambicioso proyecto, que debía quedar terminado en 36 meses, para renovar totalmente el sistema telefónico conforme a los estándares más modernos y con capacidad de crecer conforme a las necesidades de la institución. En particular, el sistema debería contemplar la transmisión indistinta de voz y datos y complementar a las redes de computadoras de reciente instalación. A este sistema se le conoce como Red Integral de Telecomunicaciones de la Universidad Nacional Autónoma de México y entre sus principales características destacaban:

- Transmitir indistintamente voz y datos, mediante sistemas digitales basados en las más modernas normas internacionales.
- Las principales instalaciones de la Universidad estaban integradas a la red. Esto significa que, a nivel licenciatura, posgrado e investigación, alrededor del 90% de sus miembros se encontraban en instalaciones cubiertas por la red, independientemente de su ubicación geográfica.
- El sistema es descentralizado, redundante y estaba integrado por 31 nodos de cómputo y telecomunicaciones enlazados entre sí, vía fibra óptica, enlaces satelitales y de microondas.
- Poseía una infraestructura instalada para 13,000 servicios telefónicos alimentados por 2,400 troncales digitales conectadas vía fibra óptica. En octubre de 1992, se encontraban en operación cerca de 4,000 servicios telefónicos y 1,800 troncales.

Características técnicas de los primeros conmutadores instalados:

- Malla de conmutación no bloqueable.
- Extensiones con entrada directa.
- Alimentación a los aparatos telefónicos de 2 hilos.
- Disponibilidad de líneas digitales que permiten utilizar el aparato telefónico como puerto de computadora de 9,600 a 64,000 bauds.
- Operación descentralizada.
- Sistema totalmente programable con diagnóstico, monitoreo y evaluación remota.

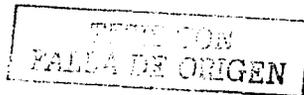
En ese entonces este proyecto fue realizado por:

Dr. José Sarukhán: Rector

Dr. Salvador Malo Alvarez: Secretario General

Mtro. Mario Melgar Adalid: Secretario Administrativo

Dr. Roberto Castañón Romo: Secretario de Servicios Académicos

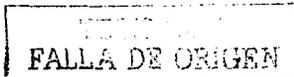


Dr. Víctor Guerra Ortiz: Director General de Servicios de Cómputo Académico  
 Ing. Ricardo Martínezgarza Fernández: Director de Telecomunicaciones Digitales

Servicios disponibles y asignados, hasta octubre de 1992

	Nodo	Disp.	Asig.
1	Arquitectura	614	248
2	Torre II de Humanidades	550	125
3	Edificio I. I. M. A. S.	838	245
4	Cómputo Académico	654	228
5	Zona Cultural	848	370
6	Rectoría	702	130
7	Economía	670	115
8	Dirección General de Personal	502	108
9	Ingeniería	414	155
10	Medicina	430	110
11	Veterinaria	590	226
12	Geografía	494	167
13	Instituto de Química	486	130
14	Química "E"	678	250
15	Sistema de Universidad Abierta	374	61
16	Instituto de Investigaciones Antropológicas	654	64
17	Teatro Juan Ruiz de Alarcón	382	73
18	Dirección General de Obras	486	169
19	Jardín Botánico	398	46
20	Coordinación de Humanidades	430	186
21	Escuela Nacional de Estudios Profesionales Acatlán	300	110
22	Escuela Nacional de Estudios Profesionales Aragón	300	90
23	Escuela Nacional de Estudios Profesionales Iztacala	300	128
24	Escuela Nacional de Estudios Profesionales Zaragoza	300	137
25	Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán campo 4	150	65
26	D. G. S. C. A. Administrativa	158	50
27	Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán campo 1	150	35
28	Ensenada, Baja California Norte	2	2
29	Mazatlán, Sinaloa	2	2
30	Temixco, Morelos	2	2
31	Puerto Morelos, Quintana Roo	2	2
32	Observatorio, Baja California Norte	2	1
33	Cuernavaca, Morelos	2	-
	Totales:	13.000	3.831

Tabla 4. 1 Nodos de la red de voz de la UNAM en sus inicios y cantidad de servicios por nodo.



## 4.2. Topología

La red telefónica de la UNAM cuenta, actualmente, con una topología en anillo para sus nodos principales y en estrella para sus nodos satélites; esta topología facilita la detección de problemas, la administración y la elaboración de pruebas de interconexión entre nodos y hacia la PSTN.

Como los nodos principales son los encargados de hacer el Tándem, de los nodos satélites hacia la PSTN o hacia otro nodo de la misma red, resulta sencillo habilitar o restringir algún tipo de marcación, en el nodo principal, afectando a todos sus nodos satélites.

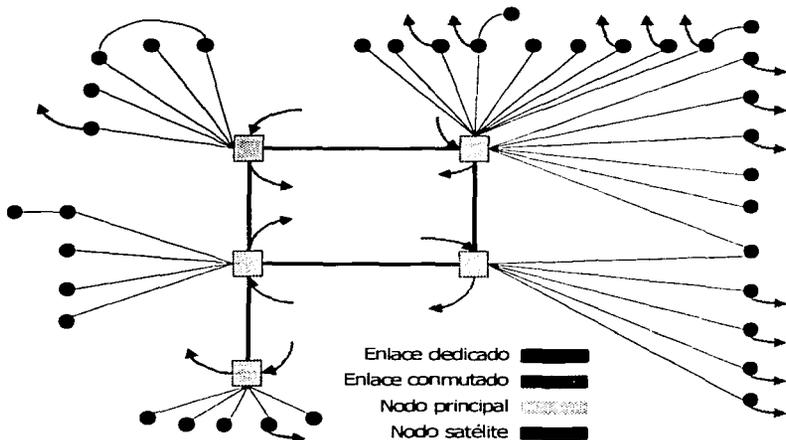


Figura 4.1 Topología de la red de voz de la UNAM

## 4.3. Equipos

La red digital de voz de la UNAM cuenta con 40 conmutadores telefónicos digitales y un equipo de Voz sobre IP. Cinco PBX's funcionan como nodos principales (en negritas) y el resto son nodos satélites; estos son:

No.	Nodo	Equipo instalado
1	Antropológicas	PBX NEC NEAX 2400 IMS
2	Arquitectura	PBX NEC NEAX 2400 IMS
3	C. I. M. A. T.	PBX NEC NEAX 2000 IVS
4	C. U. A. E. D.	PBX NEC NEAX 2400 IMS
5	Coordinación de Humanidades	PBX NEC NEAX 2400 IMS
6	Cuernavaca	PBX NEC NEAX 2400 IMS
7	Obras	PBX NEC NEAX 2400 IMS
8	Personal	PBX NEC NEAX 2400 IMS
9	D. G. S. C. A.	PBX NEC NEAX 7400 ICS
10	Acatlán	PBX NEC NEAX 2400 SDS
11	Aragón	PBX NEC NEAX 2400 SDS
12	Economía	PBX NEC NEAX 2400 IMS
13	Cuautitlán campo 1	PBX NEC NEAX 2400 SDS
14	Cuautitlán campo 4	PBX NEC NEAX 2400 SDS
15	Iztacala	PBX NEC NEAX 2400 SDS
16	Zaragoza campo 1	PBX NEC NEAX 2400 SDS
17	Zaragoza campo 2	PBX NEC NEAX 2400 SDS
18	Fundación Roberto Medellín	PBX NEC NEAX 2000 IVS
19	Geografía	PBX NEC NEAX 2400 IMS
20	I. I. M. A. S.	PBX NEC NEAX 7400 ICS
21	Ingeniería	PBX NEC NEAX 2400 IMS
22	Instituto de Ingeniería	3COM NBX100
23	Instituto de Química	PBX NEC NEAX 2400 IMS
24	Jardín Botánico	PBX NEC NEAX 7400 IMX
25	Juriquilla	PBX NEC NEAX 2400 IMS
26	Mascarones	PBX NEC NEAX 2000 IVS
27	Medicina	PBX NEC NEAX 2400 XP
28	Palacio de Medicina	PBX NEC NEAX 2000 IVS
29	Palacio de Minería	PBX NEC NEAX 2000 IVS
30	Pitágoras	PBX NEC NEAX 2400 IMS
31	Química "E"	PBX NEC NEAX 2400 IMS
32	Radio U N A M	PBX NEC NEAX 2000 IVS
33	Rectoría	PBX NEC NEAX 2400 IMS
34	Teatros	PBX NEC NEAX 2400 IMS
35	Temixco	PBX NEC NEAX 2400 SDS
36	Torre II	PBX NEC NEAX 7400 ICS
37	Trabajo Social	PBX NEC NEAX 2400 SDS-IVS
38	Morelia	PBX NEC NEAX 2400 IMS
39	Unidad de Medicina Experimental	PBX NEC NEAX 2000 IVS
40	Veterinaria	PBX NEC NEAX 2400 IMS
41	<b>Zona Cultural</b>	PBX NEC NEAX 7400 ICS

Tabla 4.2 Nodos que constituyen la red de voz de la UNAM y el modelo de equipo instalado en estos.

Esta predominancia de marca presenta ventajas y desventajas, algunas de estas son:

Ventajas	Desventajas
Configuraciones similares en todos los equipos	Alta dependencia de refacciones de un solo proveedor
Facilidad de integración de tarjetas de nuevo diseño	Limitación del tipo de aparatos telefónicos a utilizar
Detección y resolución de problemas de forma similar	Dificultad para interconectarse con productos de otros fabricantes.
Señalización transparente para todos los equipos	Alta dificultad para migrar a otro tipo de señalización en la red
Facilidades iguales a través de toda la red	Versiones propietarias de los sistemas de señalización
Posibilidad de intercambiar piezas de un equipo a otro	
Procedimientos similares para la administración	
Formatos de reportes idénticos en todos lo equipos	

Tabla 4.3 Ventajas y desventajas de contar con una red integrada por una sola marca.

#### 4.4. Enlaces

La red de voz de la UNAM cuenta con enlaces dedicados y conmutados, muchos de los primeros utilizan la red de fibra óptica que la UNAM tiene instalada en los terrenos de Ciudad Universitaria. Los enlaces dedicados interconectan equipos secundarios a los equipos principales y los equipos principales entre sí. Los enlaces conmutados son los encargados de interconectar a la red telefónica de la UNAM con la Red pública Conmutada y así poder intercambiar tráfico telefónico con ella. Todos los enlaces utilizan, como medio de transmisión, a la fibra óptica y el cable coaxial, y, por supuesto, equipos transductores. En la mayoría de los enlaces dedicados, que se localizan en Ciudad Universitaria, están constituidos de la siguiente manera:

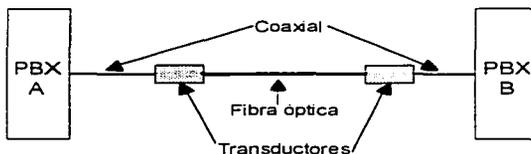


Figura 4.2 Diagrama de conexión de los enlaces dedicados.

Los enlaces dedicados que van de Ciudad Universitaria a los nodos remotos, es decir, aquellos que se encuentran fuera de Ciudad Universitaria (ENEP Aragón, FES Zaragoza, Morelia, Juriquilla, etc.) utilizan la infraestructura de la PSTN, siendo su diagrama de interconexión el siguiente:



Figura 4.3 Diagrama de un enlace dedicado para la interconexión de dos nodos remotos.

En este diagrama se aprecia que se utiliza la infraestructura de la PSTN solamente para realizar la interconexión, hay que aclarar que la señalización es responsabilidad de la UNAM, en este caso, solo se está rentando el uso del medio de transmisión. El proveedor del servicio solo nos garantiza que la conexión sea permanente y libre de errores. En todos los enlaces de este tipo, el proveedor tiene instalado equipo de fibra óptica en los dos nodos, entregando un par de cable coaxial en cada extremo, los cuales son conectados a cada PBX.

Por medio de los enlaces conmutados se intercambia tráfico telefónico de y hacia la PSTN, en este caso, la señalización es responsabilidad de la PSTN, siendo esta R2. De estos enlaces, los PBX de la UNAM, extraen la señal de reloj para sincronizar a toda la red.

#### 4.5. Servicios

La UNAM tiene un aproximado de 12,000 líneas telefónicas, por lo que la cantidad de usuarios a quienes da servicio son, considerando que muchos comparten una línea con dos o hasta tres personas, sensiblemente mayor. Este número continúa creciendo, en ocasiones obligando al personal de telefonía a redistribuir las líneas existentes, ampliar el cableado telefónico, aumentar el número de líneas telefónicas de la dependencia involucrada, ampliar el plan de numeración del PBX, etcétera.

Existen una serie de facilidades a las que tienen acceso los usuarios, estas son:

- Parqueo de llamadas.
- Desvío incondicional de llamadas entrantes.
- Desvío condicionado de llamadas entrantes.
- Remarcado del último número digitado.
- Transferencia de llamadas.
- Conferencia tripartita.
- Códigos personalizados para larga distancia nacional, mundial o llamadas a teléfonos celulares.
- Grupos de capturas de llamadas.
- Grupos de desborde de llamadas.
- Activación remota del altavoz de teléfonos digitales.

- Activación de lámpara de mensaje, a teléfonos digitales.
- Retrollamada.
- Audio conferencia de hasta 8 participantes.

Las facilidades antes mencionadas, solo funcionan en el interior de la red de voz, gracias al sistema de señalización SS7 propietario.

#### 4.6. Señalización

La red telefónica de la UNAM maneja dos tipos básicos de señalización, R2 y SS7. La primera se emplea en todos los enlaces conmutados, los cuales permiten el intercambio de tráfico con la PSTN, siendo esta señalización una versión modificada de la dictada por la CCITT.

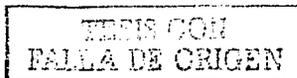
La señalización SS7 que se emplea en nuestra red es una versión propietaria de NEC, esta constituye el punto fuerte de la red, debido a todas las facilidades que tiene este sistema de señalización. Otra de las ventajas que tiene este sistema de señalización, es que permite que un PBX pueda enviar la señalización de un enlace a través de un enlace diferente al cual pertenece la señalización. Esto es bastante útil, sobre todo por que los enlaces son menos propensos a fallar debido a problemas de señalización.

Es importante mencionar también que, en todos los enlaces, el problema que más frecuente, es la pérdida de sincronía en los mensajes de SS7, por lo que los equipos deben de realizar un proceso de resincronización de la señalización SS7 para restablecer la operación normal. Esto, no necesariamente significa que se "caiga" el enlace, todas las llamadas en curso, durante estos "parpadeos" del sistema de señalización, se mantienen activas.

Este sistema de señalización ha permitido la centralización de los mensajes de alarma, que genera automáticamente cada PBX, por lo que se está desarrollando un sistema de monitoreo en tiempo real, para poder detectar y llevar estadísticas de las fallas más comunes de los equipos y del comportamiento de los mismos las 24 horas del día, todos los días. Esto disminuye el tiempo de respuesta de manera significativa, por que elimina la necesidad de acudir a cada nodo a revisar el estado de sus enlaces. En caso de que alguno de estos enlaces tenga algún problema, el PBX principal que funciona de tandem, reportará este problema, mediante un mensaje de alarma, el cual viajará a través del canal de señalización de SS7, hasta el PBX que está concentrando estos mensajes, entregándolo a través del puerto serie configurado para ello. Una vez hecho lo anterior, el sistema de monitoreo de alarmas avisará de este problema, iniciándose así, el proceso de atención de la falla.

#### 4.7. Tarifación

La tarifación juega un papel importante, sobre todo para el control de gasto telefónico que cada dependencia hace. Es un servicio centralizado que la DGSCA presta a todas las dependencias de la UNAM. Con este servicio se pretende proporcionar la información necesaria para que las dependencias identifiquen aquellas extensiones que están siendo utilizadas de manera irresponsable o aquellas que no están siendo utilizadas.



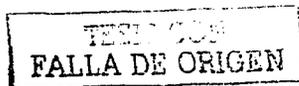
Cada PBX remite su información de facturación al PBX de la DGSCA, a través de SS7, empleando las facilidades con que cuentan estos equipos, lográndose así una tarificación centralizada. Cada equipo remite la información conforme se va generando, por lo que la captura se hace en tiempo real, por lo que el equipo empleado en el proceso debe ser confiable en extremo, para evitar la pérdida de información.

Una vez que es recibida la trama con la información, el PBX de la DGSCA entrega, a través de uno de sus puertos serie (configurado especialmente para esto) las tramas conforme las va recibiendo; esto significa que el PBX no guarda copia de ninguna de estas tramas, por lo que, en caso de falla en el equipo que está recibiendo la información por el puerto serie, la información se perderá y no será posible su recuperación.

El departamento de tarificación y facturación, una vez que ha concentrado la información proveniente del PBX, hace una copia (para resguardarla) y la somete a un proceso, mediante el cual obtienen el número de extensión desde la cual se hizo cada llamada, el tiempo de duración, el número al que se llamó, la ruta y troncal por la cual fue enlazada la llamada, si se realizó mediante el uso de una clave personalizada, etcétera. Debe detectar también aquellas llamadas que fueron transferidas hacia un número externo e, incluso, aquellas llamadas en conferencia con, por lo menos, un número externo, realizadas desde una extensión de nuestra red.

#### **4.8. Tráfico**

La siguiente gráfica muestra el comportamiento del tráfico, de entrada y salida, del nodo Torre II, en valores totales, lo que nos ayudará a comprender las dimensiones de la red y la cantidad de enlaces que debe utilizar. Nos ayuda a identificar las horas de mayor y menor ocupación. Según se aprecia en la gráfica, el tráfico tiene su valor máximo entre las 12:00 y las 13:00 horas, este comportamiento es muy parecido a lo largo de todos los días de la semana, y es similar en los restantes cuatro nodos principales. Esto nos permite conocer los valores de tráfico de la hora pico, para efectos de cálculos para redimensionar la red, o para considerar la ampliación de algunas rutas.



Tráfico entrada/salida Torre II

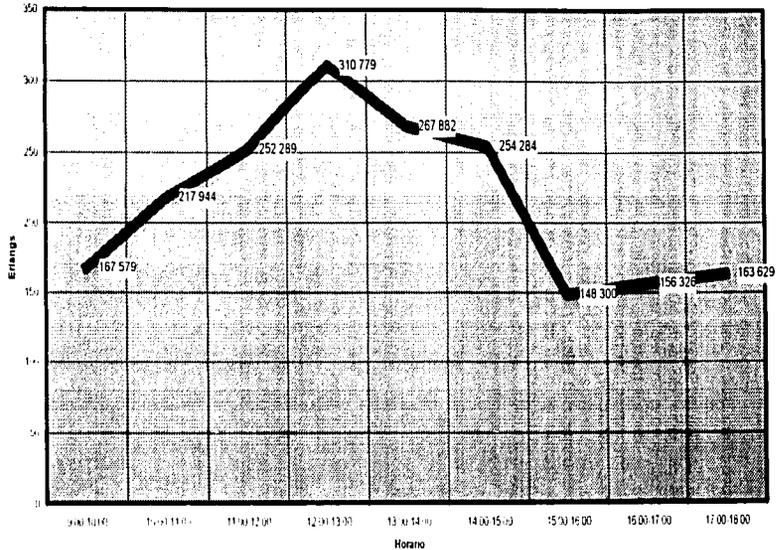


Figura 4.4 Gráfica del comportamiento del tráfico telefónico, del nodo Torre II, a lo largo de una jornada laboral normal de la UNAM.

RECIBO EN VENTA  
UNAM

#### **4.9. Necesidades**

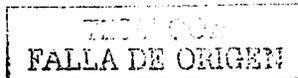
La UNAM tiene la necesidad de intercomunicar, telefónicamente, a las diversas dependencias que la conforman, distribuidas en Ciudad Universitaria y en las muy distribuidas localidades foráneas; cuenta con instalaciones en toda el área metropolitana de la Ciudad de México y en muchos otros estados de la República Mexicana, sin embargo, es en los estados de México, Morelia, Morelos y Querétaro donde las dependencias, ahí localizadas, están integradas a la red de voz de la UNAM, contando con marcación a cinco dígitos y facilidades digitales en todas las extensiones.

Mucho se ha procurado que todas las dependencias con que cuenta la UNAM, sin importar su localización geográfica, estén integradas a la red institucional de voz, sin embargo, no es tan sencillo, por lo menos con el actual esquema de interconexión de PBX; en muchos casos por el costo que tienen los PBX y la carga económica que representa la renta de un enlace que será exclusivo para voz, puesto que además hay que considerar los enlaces para la red de datos, además de que, en muchas de las ocasiones, al ser muy caro estar enviando personal para la atención de los reportes que se dan en cada dependencia, se opta por contratar a personal técnico local, el cual, desgraciadamente, pocas veces cumple con los requerimientos de calidad de servicio y conocimientos en la materia.

La cantidad de usuarios de la actual red de voz va en aumento, a pesar de contar con más de 12,000 servicios activos, y si se considera que se desea prestar el servicio a todas las dependencias de la UNAM, la cantidad de usuarios potenciales es, por lo menos, el 50% de los actuales y la lista de dependencias que podrían ser interconectadas también amplia, así como el número de estados en los cuales están localizadas.

La red de voz de la UNAM debe evolucionar, si se desea mantener a la vanguardia tecnológica, y sobre todo, adelantándose a la discontinuación inminente de algunos de los modelos de PBX que operan en la red. La UNAM cuenta con algunos equipos, NEC NEAX 2400 SDS, cuyas refacciones y tarjetas ya no están en producción, incluso las reservas de estos componentes son escasas, por lo que, en caso de presentarse alguna contingencia o necesidad de expansión importante, será necesario echar mano de estas reservas, agotándolas. Esto nos obliga a pensar seriamente en la sustitución de estos equipos por otros de tecnología más avanzada y manufactura más reciente, iniciándose la migración gradual de la red.

La Universidad está en constante expansión, prueba de ello es que pasó de poco más de 3,800 extensiones a aproximadamente 12,000 en 10 años, un crecimiento promedio de 820 servicios por año, es decir, más de dos extensiones por día. Es difícil prever el crecimiento de la UNAM adecuadamente, por lo menos en lo referente a la red de voz, debido a que son muchos los factores que intervienen. Deben tomarse en cuenta las necesidades de cada Facultad o Escuela, las necesarias remodelaciones de las instalaciones existentes (con el aumento de la cantidad de extensiones en servicio en dicha área, después de estos trabajos), las ampliaciones o reubicaciones de dependencias dentro del mismo campus universitario, así como la creación de nuevos institutos o laboratorios de investigación (los cuales requieran de extensiones telefónicas).



La Subdirección de Operación Telefónica trabaja con un margen muy estrecho para la planeación adecuada del crecimiento de la red, la mayoría de las veces debe hacer estimaciones, basadas en la experiencia, el sentido común y el presupuesto que se asigne a cada proyecto. Sin embargo, el reto que se presenta ahora, reviste una envergadura mayor, incluso que aquel cuando se creó la actual red de voz. Esto es así por que ahora ya se cuenta con una red bien definida, operativa y funcional, la cual no va a ser tan fácil que pueda ser sustituida por otra, basada en una nueva tecnología.

## 5. ANÁLISIS DE TECNOLOGÍAS DISPONIBLES

### 5.1. Conmutadores telefónicos (PBX)

Por años, el mundo de los PBX (Private Branch eXchnage), o conmutadores telefónicos, fue un terreno sin muchos cambios. Los proveedores de equipo habían madurado sus plataformas tecnológicas y simplemente se dedicaban a agregar funcionalidades a sus productos.

Después de todo, ¿qué tanto podía evolucionar un aparato que ya cumplía sus funciones con plena eficiencia? El tono de marcado siempre estaba ahí, la voz se escuchaba de modo impecable y los servicios de valor agregado (como correo de voz, desvío de llamadas, etcétera) funcionaban sin contratiempo.

No obstante, los PBX se han moldeado a las necesidades tecnológicas de las organizaciones, que buscan fórmulas que les permitan establecer mayor contacto con sus clientes, no sólo en forma interactiva, sino a menor costo. Así, echan mano de diversos medios y herramientas para establecer vínculos más estrechos con el cliente, el caso de los conmutadores telefónicos.

### Las redes de datos, factor de cambio

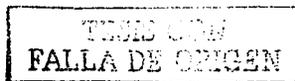
Durante años, los conmutadores telefónicos no cambiaron sus capacidades, sino hasta que llegaron las computadoras personales y las aplicaciones propias para centros de atención telefónica; más específicamente, hasta que llegaron las redes de datos. Esa fue la primera vez que el aparato telefónico tenía un competidor serio: voz sobre IP, la cual tiene un potencial tecnológico, a todas luces, superior. Lo mismo sucedió al nivel de toda la empresa. El conmutador dejó de ser la única plataforma de comunicaciones y, junto con el cableado telefónico, cada vez era más frecuente encontrarse una infraestructura paralela sobre la cual corrían los datos de la red.

Entonces se vislumbró la posibilidad de unir ambas tecnologías. En un principio, muchos pensaron que el PBX, siendo la plataforma más madura y establecida, evolucionaría para dar cabida a las recién llegadas redes de datos. El conmutador sería el nodo central desde el cual saldrían cables hacia teléfonos y computadoras, todos ellos conectados en una gran red.

Pero no sucedió así. Las infraestructuras de voz y de datos se mantuvieron separadas y la esperada convergencia no tuvo lugar rápidamente. No es sino hasta ahora, muchos años después de lo previsto, que la transmisión de voz y datos sobre una misma red se muestra como un hecho inminente. Y no es el PBX el que absorbe las funciones de la red, sino al contrario: en las empresas, la voz viaja como en las redes públicas, sobre las redes de datos, que en los últimos años maduraron e incrementaron su capacidad increíblemente.

### El PBX del futuro

El conmutador sigue siendo el equipo más confiable en materia de comunicaciones empresariales y será difícil que algún otro dispositivo lo iguale en su desempeño. Ni ruteadores, ni switches, ni algún otro aparato presente en las redes de datos puede garantizar los niveles de calidad y disponibilidad que las comunicaciones de voz requieren; sin embargo, las tecnologías de transmisión empleadas por estos equipos (basadas en conmutación de paquetes) tienen



grandes ventajas sobre las empleadas por el PBX tradicional (basadas en conmutación de circuitos).

Así, la industria prepara soluciones intermedias, en las cuales el conmutador de voz se encargará de manejar toda la voz; pero ésta viajará sobre la red de datos. En general, las opiniones coinciden en el sentido de que el PBX dejará de ser un dispositivo autónomo y se convertirá en un servidor más, conectado a la red LAN de las organizaciones.

Las expectativas básicas son en el sentido de que, el actual conmutador, se convertirá en un servidor de comunicaciones, integrado a la red de área local y que ésta funcionará con tecnología IP.

## **5.2. Voz sobre IP**

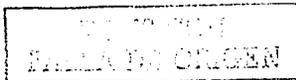
Actualmente, el esfuerzo para fusionar las redes empresariales de voz y de datos descansa fundamentalmente en la LAN como la tecnología de red clave. Esta es la base de los PBX IP.

El gran potencial de crecimiento de los PBX IP obedece, según la consultora IDC, a la sencillez de su gestión, y a su capacidad para crear un sistema telefónico único para múltiples oficinas e instalaciones, integrando estrechamente la voz y las aplicaciones de datos. Estos y otros factores harán posible que en el futuro esta nueva generación de "centralitas" relegue a un segundo plano a las convencionales. Así parecen indicarlo las estimaciones que maneja la consultora IDC: si el mercado de soluciones CBX (Converged Branch eXchanges) en general sólo representó el 4.1% de las ventas totales de sistemas PBX a nivel mundial, valorado en 8.670 millones de dólares en 2000, este porcentaje crecerá rápidamente hasta el 19% en 2004 y continuará creciendo en los años posteriores hasta acumular la mayor parte de las ventas.

Por lo que respecta al costo de estas tecnologías, CISCO menciona que el costo de estos equipos es variable, dependiendo de la configuración que necesiten las empresas, ya que el costo de inversión puede ir de un par de miles de dólares hasta millones de dólares, no obstante, después viene lo que llamamos el ROI (Return Of Investment: Retorno de inversión) que en los conmutadores tradicionales puede andar entre los cinco a diez años; adquiriendo un sistema de conmutación basado en IP el retorno de inversión oscila entre uno y dos años.

Faltan aún algunos años, según el grupo Gartner será hasta el 2007, para que se dé la convergencia total de las redes de datos que logren ser multiservicios; aún falta mucha regulación y estandarización; aunque muchos fabricantes ya ofrecen equipos con una gran cantidad de facilidades, en ocasiones no logran convivir armónica y transparentemente con equipos de terceros o no aceptan teléfonos IP de otras compañías.

Cuando se cuenta con una red corporativa de telefonía convencional y, por una u otra razón, se desea migrar a una red de voz sobre IP, lo primordial es la planeación, deben tomarse en cuenta las necesidades de la empresa y hacer un balance para determinar si es el momento adecuado o es mejor esperar un tiempo, a que la tecnología madure un poco más. Es necesario contar, antes de instalar cualquier equipo de voz sobre IP, con una red LAN lo suficientemente robusta y confiable que soporte el tráfico adicional que representa la voz. su



señalización y que, además, le proporcione la calidad de servicio necesaria para operar sin contratiempos.

La tecnología de voz sobre IP está llamada a desplazar a las actuales tecnologías de comunicación vocal, dado que los principales desarrolladores de tecnología se están afanando en desarrollar productos capaces de cubrir todas las necesidades actuales, así como ofrecer características extras.

El gasto tan alto que aún representa la comunicación telefónica, es una de las principales razones que impulsan el despegue de la tecnología de VoIP, dado que las redes de datos han incrementado grandemente el ancho de banda disponible, reducido la pérdida de paquetes e incrementado la interconexión de toda una serie de equipos y servicios extras, se encuentra el terreno preparado para la llegada de una tecnología que producirá una sacudida en el mundo de la telefonía convencional.

El costo que representa cada Mbps disponible, ya no es justificación suficiente para retrasar más la transición, la moneda está en el aire y es necesario tener en mente que las apuestas por que esta tecnología domine el mercado son muy fuertes, hay muchos intereses y recursos de por medio, de modo que habrá que estar atentos a los acontecimientos y evolución de esta tecnología.

### **5.3. Centrex**

Las empresas de telefonía ofrecen el servicio de Centrex, este servicio se basa, principalmente, en la instalación de un equipo de conmutación de circuitos (propiedad de la compañía telefónica), que será el encargado de proporcionar los servicios de voz a los usuarios. Este equipo, que se aloja en un espacio de la empresa a la que se proporcionará el servicio, se interconecta a la red telefónica mediante un enlace, digital generalmente, ya sea a través de fibra óptica o microondas.

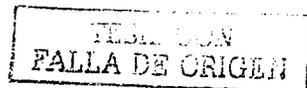
Las compañías se comprometen a mantener actualizado el equipo, proporcionar el servicio y atención a reportes en plazos acordados con el cliente. El cableado, en caso de así solicitarlo el cliente, puede ser mantenido y administrado por la compañía telefónica.

Ahora bien, las razones por las que puede ser conveniente este servicio son:

1. El equipo es propiedad de la compañía telefónica, por lo que no hay que preocuparse del mantenimiento ni administración de este.
2. Siempre se cuenta con equipos actualizados.
3. No es necesario contar con personal que administre el equipo y atienda las fallas en el servicio.
4. Se puede contar con servicios adicionales, tales como: correo de voz, operadora automática, distribución automática de llamadas, manejo de claves de acceso a ciertas facilidades, etc.
5. Se puede hacer marcación abreviada entre las líneas contratadas a la misma compañía.

Sin embargo, aún es un servicio muy caro en México. Debido a la escasa competencia en este rubro, el contratar este tipo de servicio sigue significando un fuerte desembolso: y es que es necesario pagar por:

1. Cada línea nueva que instale la compañía telefónica.
2. Cada aparato telefónico.



3. Cada buzón de voz que sea activado.
4. El mantenimiento que se le dé al cableado.
5. La renta por cada línea telefónica instalada.
6. El tráfico telefónico que fluya hacia la PSTN, local y de larga distancia.
7. El servicio de identificador de llamadas.
8. La cabeza de grupo que se utilice.
9. Entre otros, dependiendo del proveedor.

Por lo tanto, si se requiere una cantidad relativamente baja de servicios y previamente se ha comprobado que el servicio de Centrex es muy caro para cubrir las necesidades, se puede optar por la instalación de un equipo, ya sea un multilíneas tradicional o la de un equipo de voz sobre IP, de baja capacidad que nos proporcione las facilidades que se consideren necesarias, sin necesidad de realizar un desembolso inicial tan grande o constante.

#### **5.4. Multiplexaje por división de longitud de onda (WDM)**

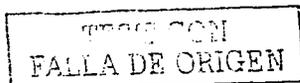
**WDM:** Wavelength Division Multiplexing. La cuestión de si se desarrollan sistemas basados en DWDM o en CWDM (Coarse WDM: WDM ordinario) se está haciendo más común conforme los sistemas CWDM comienzan a estar más ampliamente disponibles. Estos sistemas CWDM de bajo costo parecen apropiados para cubrir la demanda de voz, video, datos y servicios multimedia para soluciones de transporte óptico de corto alcance (<50 km) de las empresas.

La diferencia entre los sistemas DWDM y CWDM puede ser mejor comprendida entendiendo mejor los componentes de todos los sistemas WDM, incluyendo los láseres, amplificadores, multiplexores ópticos y los detectores. El rango de bit del láser WDM determina directamente la capacidad de la longitud de onda y es responsable de convertir los datos eléctricos de entrada en una longitud de onda. Los láseres DWDM tienen un rango de bits de hasta 10 Gbps y los de CWDM de hasta 2.5 Gbps. El detector es responsable de la función inversa –recibir la luz de la fibra y convertirla de vuelta en una señal de datos eléctrica. El láser transmisor y el detector receptor están típicamente integrados en un solo ensamble llamado un transceiver. El precio de un transceiver DWDM es típicamente de cuatro a cinco veces más caro que su contraparte CWDM, y esto tiende a incrementar los gastos operativos asociados por consumir más potencia y disipar más calor.

Debido a que las aplicaciones CWDM están enfocadas para fibras con distancias menores de 50 kilómetros, no se requieren amplificadores ópticos, por eso no son un factor en la toma de decisiones. El costo de un amplificador DWDM es típicamente de 2 a 3 veces el de un amplificador CWDM de banda ancha, puesto que en un ambiente DWDM se tiene una granularidad significativamente fina entre las longitudes de onda (espaciado típico de 100 GHz), tan opuesto a los tan amplios 20 nm de espaciado de las longitudes de onda (aproximadamente 2.500 GHz) usados en los sistemas CWDM.

La UIT está en proceso de estandarizar estas longitudes de onda, aprobando dos recomendaciones que están en proceso de hacerse efectivas a finales de este año:

- G.694.1: rejilla de frecuencias DWDM fijada en 193.1 THz. Soportará una variedad de espaciados de canales de 12.5, 25, 50 y 100 GHz y mayores.



Los sistemas metropolitanos de DWDM, desplegados ahora, típicamente utilizan 100 y 200 GHz de frecuencia de espaciado.

- G.694.2: rejilla de longitudes de onda CWDM, la cual soporta un espaciado de canales de 20 nm. A diferencia de DWDM, cuya rejilla está especificada en términos de un ancho de frecuencia, la rejilla de CWDM está definida en términos de separaciones de longitudes de onda. Esta rejilla está hecha de 18 longitudes de onda definidas dentro del rango de 1270 a 1610 nm.

Los requerimientos para la tecnología ideal de acceso metropolitano deben ser:

- Soportar multiservicios.
- Independiente del protocolo (soporte para cualquier protocolo: ESCON, FC, FICON, Ethernet, SONET/SDH, ATM, etc.).
- Independiente del rango de bits.
- Rápido abastecimiento.
- Anchos de banda escalables.
- Protección contra fallas grado carrier.
- Disponibilidad grado carrier.
- Administrabilidad.
- Simplicidad (sin conversiones adicionales de protocolos, o unidades para administrar soluciones).
- Económico.

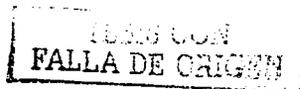
Las tecnologías de acceso metropolitano que más predominan están desplegándose para cubrir estos requisitos, incluidos SONET/SDH, Ethernet y WDM. Como se aprecia en la tabla 5.1, el grado al cual estas tecnologías cubren actualmente estos requerimientos, varía considerablemente.

La tabla 5.1. resalta la universalidad de un sistema WDM para reunir los requerimientos de acceso metropolitano. La tecnología WDM transporta sin problemas redes de IP, voz y otras sobre una sola red WDM con una capa de administración común. Adicionalmente, los sistemas WDM no introducen ineficiencia de datos o transporte por intentar convertir los servicios de las redes origen en un formato de transporte común como SONET/SDH, ATM O Ethernet. Esto provee un alto grado de simplicidad sobre el diseño total de la red, y reduce el monto de equipamiento en la misma, por consiguiente, reduce los costos operacionales asociados.

Muchos han cuestionado si los sistemas basados en CWDM pueden ofrecer la misma estabilidad, confiabilidad, disponibilidad, seguridad, protección contra fallas y total universalidad en comparación con DWDM. Si se observa la tabla 5.1. la respuesta es si.

El mercado global de redes ópticas metropolitanas se incrementará de 1.1 billones de dólares en el 2001 a 4.3 billones de dólares por el 2005, de acuerdo a un reporte reciente de Gartner Dataquest.

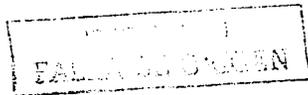
El sistema CWDM está equilibrado para capturar una parte substancial de este mercado. Las aplicaciones CWDM son especialmente buenas para cubrir hasta 50 km. Donde las distancias son cortas y las necesidades de capacidad son menores. las aplicaciones CWDM pueden usar equipo de espaciamiento de canales amplio y bajo precio, mientras alcanza los mismos estándares de calidad de los sistemas de fibra óptica de larga distancia.



Requirement	SONET/SDH	Next-gen SONET/SDH	Ethernet Services	DWDM	CWDM
Multi-services	No	Yes (GFP)	No	Yes	Yes
Protocol independence	No	Yes (GFP)	No	Yes	Yes
Bit-rate independence	No	No	No	Yes	Yes
Rapid provisioning	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Bandwidth scalable	Medium	Medium	Medium	Very High	High
Carrier-grade rapid fault protection	Yes	Yes	No	Yes	Yes
Carrier-grade availability	Yes	Yes	No	Yes	Yes
Extended network distances (>50 km)	Yes	Yes	Yes	Yes	No
Manageability	Good	Good	Good	Good	Good
Simplicity	Medium	Medium	Medium	Good	Good
Economical - pricing/cost	High	High	Low	High	Low

Tabla 5. 1. Comparación entre diversas tecnologías de acceso metropolitano.

Para los requerimientos de servicio WDM que tienen una distancia menor a 50 km y no requieren más de 16 longitudes de onda (40 Gbps con láseres de 2.5 Gbps) sobre una sola fibra durante el ciclo de vida esperado del sistema, un sistema CWDM provee una solución significativamente más económica. Si se requieren más de 16 longitudes de onda durante el ciclo de vida planificado del equipo para cubrir las futuras capacidades esperadas, entonces se debe considerar un sistema DWDM.



## 6. EQUIPOS DISPONIBLES EN EL MERCADO

### 6.1. Alcatel

Modelos. De baja, mediana y alta capacidad, como: 4200 Modelo S, M y L. Office View, Omni PCX 4400 Voice Hub en sus versiones WM1, M2 Y M3.

Características. 4200 S, M y L: 128 extensiones y 36 troncales.

4200D: 48 extensiones y 12 troncales. Office View: 32 extensiones y 12 troncales y los Omni PCX: van desde 180 hasta 5,000 puertos con sus respectivas extensiones. Asimismo, en red pueden manejar hasta 50,000 usuarios distribuidos en 100 nodos, compartiendo los mismos recursos y facilidades.

Todos los equipos tienen puerto LAN nativo y funciones para telefonía sobre IP en PC, así como mensajería unificada y centros de llamadas.

Soporta todos los protocolos para voz: telefonía y voz sobre IP, Frame-relay, ATM, LAN Ethernet, etcétera.

Servicios de administrador: administración centralizada con software basado en Windows NT, Windows 95 y 98, así como Unix.

### 6.2. Avaya

Cuenta con equipos tales como el IP 600, de baja capacidad, que soporta teléfonos digitales propietarios, teléfonos analógicos, Ipphones, softphones y wireless.

Acepta enlaces E1 con R2 y PRI ISDN con QSIG y conexión a redes LAN vía IP.

Pueden ser agrupados los equipos en clusters, para operar como si fueran un sólo equipo, aún cuando estén en localidades diferentes.

El software de administración para el equipo puede ser descargado del mismo, pudiendo administrarlo vía IP o vía un puerto RS232.

Los teléfonos digitales pueden convertirse a IP, mediante la conexión de un módulo extra.

Ofrece diversos protocolos de compresión de la voz, fácilmente configurables.

### 6.3. Cisco Systems

Modelos. Su oferta se basa en AVVID (Architecture for Voice, Video and Integrated Data), la cual consiste en proveer arquitectura para LAN Switches, administradores de llamadas, gateways de voz sobre IP, alternativamente para transportar las llamadas de telefonía en la red de datos.

Características. En *call managers* es posible manejar hasta 2,500 extensiones por equipo y pueden formarse *clusters* que permitan manejar hasta 10,000 extensiones, con redundancia incluida.

Tráfico: transportan las llamadas completamente sobre IP.

Funcionalidades para call centers: están por lanzar sus aplicaciones para IVR y sistemas de ACD.

Servicios para el administrador: los equipos tienen una variedad de plataformas de administración, entre ellas están el Cisco Works 2000 que administra la infraestructura de red (ruteadores, switches), el Cisco Voice Manager, que administra todas las llamadas de voz sobre IP. El call manager mismo incluye un sistema de administración basado en un navegador Web para dar de alta usuarios, hacer cambios, controlar planes de numeración, etcétera.

#### **6.4. Nortel Networks**

Modelos. Tiene cuatro modelos de PBX: Meridian Opción 11C, Min 11C, Opción 61C y Opción 81C; todos los equipos cuentan con capacidad para conexión en IP, además del Sucession (Commutador en IP).

También tienen disponibles los equipos de convergencia llamados BCM (*Business Communication Manager*), los cuales integran servicios de telefonía tradicional, telefonía sobre IP, puertos LAN y WAN, servicios de mensajería unificada, call center e IVR en el mismo equipo.

Líneas y extensiones.

Opción 11C mini, de 48 a 160 puertos.

Opción 11C, de 16 a 700 puertos.

Opción 61C, de 16 a 2000 puertos.

Opción 81C, de 16 a 16,000 puertos.

Características técnicas. Todos los equipos pueden interconectarse entre sí a través de troncales analógicas y digitales. También cuentan con capacidad de correo de voz y en red, ACD, CDR (para control de llamadas con fines de tarificación), manipulación de dígitos, etcétera.

Tráfico. En el caso de Meridian, todos sus modelos cuentan con aplicaciones de conmutación de circuitos de voz y conmutación de paquetes IP. El manejo del tráfico es a través de la red pública conmutada o a través de una nube WAN, transportando voz y datos.

Funcionalidades para centros de atención telefónica. Meridian tiene software y hardware adicionales para la funcionalidad de call center. Esta funcionalidad puede ser configurable de acuerdo al tamaño del mismo y puede ser desde el más sencillo hasta el más sofisticado, con solución de CRM.

Servicios para el administrador. Tienen herramientas de administración, como el MAT (*Meridian Administration Tool*), con la cual se puede administrar y configurar los equipos de forma amigable. Con esta herramienta es posible obtener diferentes reportes de desempeño, así como realizar análisis de tráfico y alarmas que se presenten en el sistema. También tiene el *Optivity Management Telephony*, que posee las características del MAT.

#### **6.5. Sphere Communications**

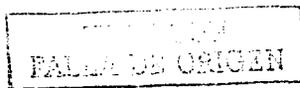
Modelos. Distribuidor de sistemas PBX, basados en protocolos IP y ATM.

Tienen conmutadores disponibles en ATM 25, 155 y OC-3, así como en una interfaz 10/100 para IP. Su oferta se basa en dos componentes: un hub telefónico que soporta 12 o 24 usuarios y un Co-hub que funciona como solución de *trunking* y soporta E1, T1.

Características técnicas. Manejan todos los estándares del protocolo PBX, incluyendo la interfaz gráfica de usuarios, que convierte a las computadoras personales en teléfonos, así como mayor capacidad para conferencias.

Tráfico. Sobre IP o ATM.

Funcionalidades para call centers. Diversos estándares PBX y pueden trabajar con cualquier call center que no sea propietario. También tienen aplicaciones para correo de voz, sistemas de facturación y para Call center.



A quién va dirigido. En Estados Unidos, a operadores telefónicos y grandes corporaciones. En Latinoamérica, a gobierno, aeropuertos, grandes empresas, compañías manufactureras y operadores.

#### **6.6. Siemens**

HiPath HG 1500

Puede administrar hasta 2,000 números de teléfonos, con un máximo de 16 centrales en red.

#### **Interfaces y protocolos**

Hasta 16 canales de voz utilizables en HiPath HG 1500 (dependiendo del sistema).

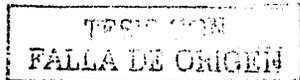
- Ethernet
  - ❖ 10/100 Mbps autosense
  - ❖ 10 Mbps con PPPoE.
- SNMP
- Interfaz CAPI 2.0
- Interfaz TAPI 2.0
- Soporte del protocolo de seguridad PAP/CHAP/MS-CHAP
- H.323
- Codificación de voz G.711 y G.723.1
- PPP y PPP Multilink
- V.34bis para acceso analógico remoto.
- Adaptación V.110 para acceso remoto a través del GSM.
- QoS según DIFFSERV, IEEE 802.1p y TOS

El paquete básico incluye:

- Segunda interfaz LAN.
- HiPath HG 1500 con dos canales B de RDSI.
- Programa de administración.
- Controlador para interfaz CAPI 2.0 (Virtual CAPI).
- Interfaz SNMP para señalización de faltas.
- Driver TAPI 1ª parte.

Opciones de ampliación:

- Paquete de ampliación de 2 canales B (hasta 16 canales B, máximo).
- Smarset para RDSI (aplicación CTI para comunicación telefónica asistida por ordenador).
- HiCOM CTI TAPI 3P (driver TAPI para la conexión de aplicaciones de 3ª parte)
- Servidor de Mensajería Unificada ixiServer
  - ❖ Paquete ixiServer de Siemens con 2 canales RDSI para fax y SMS, con envío/recepción de mensajes de fax integrado en Microsoft Outlook y conexión a Microsoft Exchange 4.0. Sistemas operativos Windows 2000 y NT.



- OptiClient 130 (software para cliente de Voz sobre IP)
- OptiPoint IP adapter para conexión de teléfonos OptisetE a la red Ethernet.

Software del producto:  
HiPath HG 1500 versión 2.0

### 6.7. Nec

Cuenta con los PBX 7400IMX, que soportan tanto telefonía tradicional, como IP. Este equipo soporta enlaces digitales E1 con señalizaciones R2, SS7, QSIG, etc., y conexión a IP a 100 Mbps. Puede crecer hasta 8,192 puertos, pudiéndose interconectar en red con otros equipos, (usando SS7) para aumentar su capacidad. Se puede administrar localmente mediante una PC que soporte su software propietario de administración, a través de una conexión vía módem o a través de un puerto IP. Tiene teléfonos digitales e IPphones propietarios, soporta teléfonos analógicos y está en proceso de liberar su solución Wireless.

Cuenta también con el IPX, el cual es un equipo IP puro, que soporta los mismos tipos de enlaces y sistemas de señalización que el IMX (incluido SS7). Soporta IPphones propietarios, softphones y teléfonos analógicos (mediante el uso de un convertidor), los teléfonos digitales pueden ser convertidos a IPphones mediante el uso de un adaptador. Pueden ser instalados los equipos en lugares diferentes y comportarse como si fueran parte de un solo equipo, para facilitar su administración, la cual puede hacerse remotamente, a través de un puerto IP. Al igual que los IMX, pueden formar una red grande y homogénea, con sistema de tarificación vía IP.

### 6.8. Otras tecnologías

#### 6.8.1. Centrex

Actualmente, la empresa Maxcom Telecomunicaciones, ofrece el servicio que denomina "CENTRALMAX COMERCIAL", el cual, según la propaganda comercial dice:

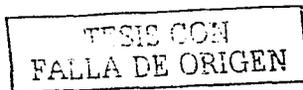
"Es el primer conmutador virtual que permitirá a nuestros clientes disfrutar de las ventajas de un multilínea o PBX, sin la necesidad de adquirir costosos equipos, no hay obsolescencia y no tendrá que preocuparse por el mantenimiento.

El cliente sólo necesita sus líneas telefónicas CentralMax para disfrutar todos los servicios provenientes de su compañía telefónica Maxcom."

Maxcom está ofreciendo dos paquetes:

- Línea CentralMax básica
  - Incluye 12 soluciones
  - Opción a contratar 3 soluciones más con costo extra
- Línea CentralMax de operadora
  - Incluye 16 soluciones

Línea CentralMax básica



La línea CentralMax básica proporciona capacidades que permite al usuario realizar y recibir llamadas internas y externas, además de contar con otras soluciones.

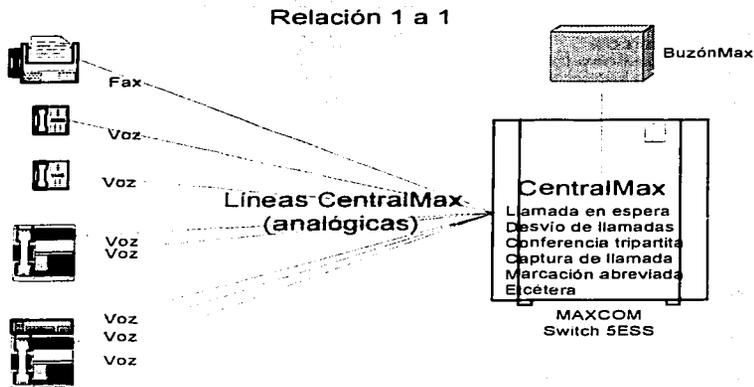


Figura 6.1 Diagrama CentralMax comercial

Incluye 12 soluciones

1. Captura de llamada de grupo\*
2. Desvío de llamada incondicional\*
3. Línea directa
4. Llamada en espera
5. Llamada en tres
6. Llamada saliente directa
7. Marcación abreviada
8. Marcación entre extensiones
9. Restricción de llamadas por sistema\*
10. Retención de llamada
11. Timbrado distintivo
12. Transferencia de llamada

\*No compatible si se contrata Cabeza de número de grupo

Opciones extras:

1. BuzónMax
2. Identificador de llamadas
3. Cabeza de número de grupo\*

\*La cabeza de número de grupo no es compatible con BuzónMax ni identificador, ni con 4 soluciones de la línea básica.

### Línea CentralMax de operadora

La línea CentralMax de operadora proporciona capacidades que hacen posible a una operadora atender eficientemente a los usuarios de su empresa.

Incluye 16 soluciones:

1. Captura de llamada de grupo
2. Línea directa
3. Llamada entre tres
4. Llamada saliente directa
5. Marcación abreviada
6. Marcación entre extensiones
7. Restricción de llamadas por sistema
8. Retención de llamada
9. Timbrado distintivo
10. Transferencia de llamada
11. Acceso a operadora
12. Cabeza de número de grupo
13. Intervención de operadora
14. Línea ocupada optativa
15. Regreso de llamada a operadora
16. Servicio nocturno

### Plan privado

Actualmente, Maxcom ofrece dos planes bajo los cuales se pueden contratar CentralMax:

1. Plan privado estándar
  - ✓ 1 Grupo de negocios CentralMax
  - ✓ 1 Localidad física de instalación del servicio
  - ✓ 1 Factura para el total de las líneas
2. Plan privado interlocal
  - ✓ 1 Grupo de negocios CentralMax
  - ✓ 2 o más localidades físicas de instalación del servicio
  - ✓ 1 o más facturas
    - i. Plan privado interlocal 1: una factura
    - ii. Plan privado interlocal 2: dos o más facturas
  - ✓ Beneficios del plan privado interlocal
    - i. Sin costos extras de instalación (sólo se paga por la instalación de la línea CentralMax)
    - ii. Llamadas entre locaciones sin costo alguno
    - iii. Llamadas entre extensiones entre las diferentes locaciones (2, 3, 4 o 5 dígitos)
    - iv. Un solo cargo por cliente CentralMax (\$350.00)
    - v. Característica única de CentralMax

### Costos CentralMax Comercial

Cargos no recurrentes

1. Instalación de la línea CentralMax básica u operadora
  - a. Tarifa base: \$2,800.00 por línea

- b. Tarifa promoción: \$0.00 por línea
- 2. Cableado principal (hasta 50 metros)
  - a. Tarifa base: \$ 598.00 por línea
  - b. Tarifa promoción: \$ 0.00 por línea
- Cableado adicional (otros 50 metros)
  - a. Tarifa base: \$ 299.00 por línea
- 3. Activación de soluciones opcionales
  - a. BuzónMax
    - i. Tarifa base: \$ 20.00 por línea
  - b. Identificador de llamadas
    - i. Tarifa base: \$ 20.00 por línea

Tarifa promoción: 36% de descuento en la instalación simultánea de BuzónMax e identificador de llamadas en una línea.

  - c. Cabeza de número de grupo
    - i. Tarifa base: \$ 20.00 por línea

Las líneas CentralMax que estén asociadas a esta cabeza de grupo no tienen ningún costo.
- 4. Equipo telefónico

Al contratar una línea CentralMax el cliente puede obtener la promoción de \$ 390.00 de bonificación en los siguientes modelos telefónicos:

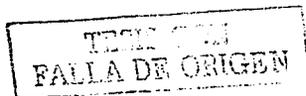
Teléfono	Tarifa base	Tarifa con bonificación de \$ 390.00
Nortel 8009	\$ 800.00	\$ 410.00
Nortel 9316	\$ 1.890.00	\$ 1.500.00
Nortel 9417	\$ 2.360.00	\$ 1.970.00
Panasonic 3280	\$ 2.700.00	\$ 2.310.00

- ✓ Si el cliente cancela antes de 8 meses de servicio de sus líneas deberá de pagar \$ 390.00.
- ✓ El cliente deberá firmar el anexo II del contrato.

#### Cargos recurrentes

- 1. Renta mensual de la línea CentralMax
  - a. Línea CentralMax básica
    - Tarifa base: \$ 135.20 por línea
  - b. Línea CentralMax de operadora
    - Tarifa base: \$ 205.20 por línea
  - c. Cargo por grupo de negocios
    - Tarifa base: \$ 350.00 por cliente

Este cargo es por cliente, no importando cuantas líneas haya contratado.
- 2. Renta mensual por mantenimiento de cableado
  - a. Mantenimiento de cableado interior
    - Tarifa base: \$ 10.00 por línea



El mantenimiento del cableado es opcional. La póliza de mantenimiento solo aplica para cableado instalado por Maxcom.

3. Renta mensual de soluciones opcionales

- a. BuzónMax
  - Tarifa base: \$ 25.00 por línea
  - Tarifa promoción: \$ 20.00 por línea
  
- b. Identificador de llamadas
  - Tarifa base: \$ 30.00 por línea
  
- c. Cabeza de número de grupo
  - Tarifa base: \$ 20.00 por línea
  - Las líneas CentralMax que estén asociadas a esta cabeza de grupo no tienen ningún costo.

Cargos por uso

1. Tarifa por llamada

- a. Llamadas locales

Tarifa base: \$ 1.45 por llamada  
Tarifa promoción:

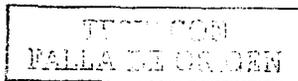
Número de llamadas	Tarifa por llamada
1-150	\$ 1.45
151-550	\$ 1.39
551-3000	\$ 1.35
3001-10.000	\$ 1.32
10.001-20.000	\$ 1.27
20.001-100.000	\$ 1.25
100.001 o más	\$ 1.23

El total de llamadas de todas las líneas se suman para obtener la tarifa de acuerdo al volumen realizado en esa factura.

- b. Llamadas a celular

Tarifa base: \$ 2.40 por minuto

- c. Llamadas de larga distancia (No especificado).

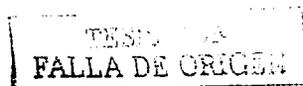


## 7. IMPACTO DE LA IMPLEMENTACIÓN

Después de analizar las tecnologías disponibles en el mercado, de evaluar las necesidades de la Universidad en materia de comunicación de voz y de probar algunos equipos, se puede indicar que la mejor opción es la migración de la actual red de voz, basada en PBX tradicionales y enlaces dedicados, a una red de voz sobre IP con enlaces compartidos con la red de datos, esto obedece a que la UNAM cuenta con un Backbone robusto, al que no le impactaría mucho el transportar la voz en forma de paquetes de datos. Esto también es motivado por la cada vez más escasa oferta de conmutadores telefónicos tradicionales en el mercado, pues estos deben de interconectarse a los actuales PBX marca NEC, los cuales, al tener una versión propietaria de SS7, limitan su interconexión, con esta señalización, con equipos de otras marcas, orillándonos a pensar en una interconexión mediante E1's con señalización R2 o QSIG básica, lo que representaría un retroceso enorme, puesto que se perderían las facilidades que operan de un equipo a otro, la homogeneidad del comportamiento de la red, y sobre todo, se requeriría aprender a administrar estos nuevos equipos, con la limitante que serían los menos, por lo que se convertiría nuestra red en una mezcla heterogénea de marcas; nos veríamos obligados a comprar refacciones suficientes para cada marca y modelo de equipo que se instale, teléfonos digitales para cada marca de equipo, así como el software necesario para administrar cada equipo, retrasando la atención de reportes, diversificando el manejo local de facilidades, diversificación de los sistemas de tarificación, pocas posibilidades de realizar gestión de tráfico y mayor complejidad en los procedimientos de activación de servicios y atención de reportes.

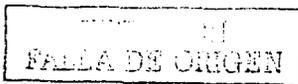
### Aspectos a considerar:

- Backbone Gigabit Ethernet: este consta de Switches Gigabit Ethernet Iron 8000, marca Foundry, que proporcionan una red completamente Switchheada, en toda la Ciudad Universitaria, lo que facilita grandemente el paso del tráfico a través de la misma. Este es un factor de peso para que el retardo, de los paquetes de voz, sea mínimo. Hay que considerar que se debe ofrecer QoS en toda la red para garantizar que los paquetes de voz no se retrasen innecesariamente, no sean descartados, ni lleguen fuera de secuencia. Permite la utilización de diferentes protocolos de compresión de la voz, pudiéndose elegir el más adecuado, tomando en cuenta la calidad de la voz, la cantidad de tráfico que exista, el desempeño de los equipos de VoIP, y las necesidades de los usuarios.
- Distribución física de los usuarios: se tiene un aproximado de 12,000 usuarios telefónicos, distribuidos en las diferentes dependencias de la UNAM. Esto significa que debe considerarse la instalación de un equipo de VoIP en cada uno de los segmentos de red que se conectan mediante un enlace WAN al Backbone de la Universidad. Esto permite que se cree una red más distribuida, con menos usuarios por cada equipo, lo que evita que, en caso de falla de alguno de estos equipos, se tenga una gran cantidad de usuarios incomunicados. Esto significa que se deben instalar, por lo menos, una malla de cinco equipos robustos, para dar servicio a toda la Ciudad Universitaria y un equipo pequeño en cada una de las dependencias



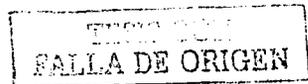
foráneas, pudiéndose integrar los actuales enlaces E1 de voz a los de datos. Es importante tener en cuenta que los equipos menores quedarían subordinados a alguno de los equipos centrales, comportándose como si fueran una parte física de este. Se debe contemplar que se requiere de un software propietario para que se consiga este comportamiento.

- Interconexión de los equipos VoIP con los PBX existentes: la sustitución de los actuales PBX por equipos de VoIP, deberá iniciarse por los nodos principales, aún cuando son los equipos más recientes (excepto Arquitectura). Se reemplazaría, en primer lugar, el equipo de Arquitectura, cuya vida útil está finalizando (sobre todo debido a la falta de refacciones y a que su capacidad de expansión es nula), y en aquellas nuevas dependencias que requieran integrarse a la red de voz de la UNAM y que cumplan con los requisitos mínimos necesarios para la operación de este servicio. Se aconseja instalar cinco equipos robustos en el Core, para que sea un proceso menos distribuido, y se comporten como un solo equipo, aunque operando en modo redundante y equipos menores en las dependencias foráneas, que manejen su tráfico interno y permitan la interconexión con los equipos centrales, vía enlace WAN y, a través de estos, con la PSTN. Se debe tener en cuenta que los equipos de VoIP necesitan QoS, además de que se tiene que asegurar que el enlace WAN (de la dependencia al backbone de la Universidad), debe ser lo suficientemente robusto para soportar el tráfico de datos normal y el de VoIP al mismo tiempo y, sobre todo, que no adicione retardo al paquete de voz y habrá de asegurarse que los ruteadores pueden soportar las nuevas aplicaciones con las nuevas especificaciones.
- Plan de numeración: este aspecto es especialmente delicado, no solamente hay que tener en cuenta la cantidad de extensiones que requiere cada dependencia para cubrir sus necesidades; también hay que pensar en las direcciones IP, necesarias para configurar cada IPphone o cada Softphone. Este aspecto habrá que trabajarlo a fondo, apoyándose mucho en el Departamento de Redes de la DGSCA, por que solo ellos pueden determinar las IP disponibles de cada dependencia y la forma de administrarlas, de manera que puedan satisfacer las necesidades futuras. Una opción es el manejar direcciones no homologadas, con lo que se evita el agotar las direcciones IP de cada dependencia, facilitando la administración y monitoreo de la nueva red de voz, agregando mayor seguridad a esta. Se requerirá la ampliación de las series de extensiones internas (que no aceptan marcación directa de la PSTN), de esta manera, se puede evitar la contratación de más DID's a Telmex, puesto que los equipos de VoIP tienen servicio de operadora automática integrada, con lo que se resuelve el problema, solamente hay que asegurar que los enlaces de interconexión con la PSTN son lo suficientemente robustos.
- Configuración necesaria de las redes LAN para soportar VoIP: se debe elaborar una lista con las características que deben tener las redes LAN de cada dependencia, para que pueda cumplirse con la QoS, necesaria para la adecuada operación de los equipos de VoIP, que serán conectados a estas.

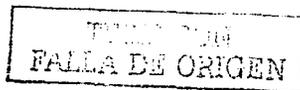


Además de que se facilita la detección de fallas, se agiliza la atención de reportes o la habilitación de nuevos servicios. Se tendría un esquema homogéneo en todos los segmentos de la red, por lo que el comportamiento de los mismos sería previsible y fácil de evaluar y monitorear. Debido a que cada dependencia es la encargada de la actualización de su red LAN, se deberá comprobar que esta LAN cumpla con los requisitos necesarios y suficientes para poder prestársele el servicio de VoIP, con todo lo que ello implica.

- Medios de transmisión: dentro de cada dependencia, será necesario que se cuente con un sistema de cableado estructurado, de esta manera se simplifica la administración de toda la red de datos, incluida la parte de voz, que se integrará a la red y se contará con un medio de transmisión interno adecuado que soportará al nuevo servicio. Existen muchas dependencias en las cuales no se cuenta con un sistema de cableado estructurado, por lo que este deberá ser requisito para poder migrar sus actuales servicios de telefonía convencional a VoIP. La fibra óptica instalada en C. U. es lo suficientemente robusta para soportar los nuevos requerimientos, existen unos tramos en los cuales no se cuenta con fibra monomodo, por lo que se deberá de instalar la fibra óptica necesaria; sin embargo, aún cuando la inversión inicial es grande, se puede optimizar su utilización mediante la instalación de equipos de WDM, los cuales incrementarían de manera considerable la capacidad de transmisión de la fibra, permitiendo un crecimiento enorme del ancho de banda disponible. Debido a que los actuales sistemas DWDM son más caros que los CWDM, y que las necesidades de ancho de banda no son tan grandes como para requerir necesariamente un equipo de DWDM, se aconsejaría la compra de equipos con tecnología CWDM, lo que cubriría las necesidades de la Universidad sin representar un gasto tan grande, tomando en cuenta el beneficio que se obtendría de la utilización de esta tecnología. Otra solución posible, a la falta de medios de transmisión, puede ser la instalación de más fibra óptica en C. U., esto, si se compara con el precio actual de los equipos de WDM, puede ser más conveniente, debido a que las distancias en C. U. son cortas.
- Pruebas de VoIP sobre el Backbone Gigabit Ethernet de la UNAM: antes de decidir el equipo que habrá de ser instalado e interconectado a la red de voz de la UNAM, es importante que se lleven a cabo una serie de pruebas, para poder evaluar y confirmar las características y el comportamiento de los equipos de los diversos fabricantes, analizarlos comparativamente y detectar posibles problemas que tenga cada equipo. Aún cuando todos los fabricantes aseguran no tener problemas para que sus productos se interconecten con equipos de terceros, se habrá de comprobar plenamente, para asegurarse que se está creando una red fácilmente administrable y transparente para cualquier equipo de VoIP que se instale. Se debe tener mucho cuidado en las características de QoS que estos equipos requieren, y confirmar que nuestra red cuenta con ellas.



- Cálculos de la carga que representa el transportar la voz sobre IP: se está llevando a cabo la concentración de los datos del tráfico telefónico de la red de voz de la UNAM, estos servirán para calcular, de manera muy aproximada, la cantidad de carga que representarían los paquetes de voz, según sea el protocolo que se emplee, para la red de datos. Estos valores dependen de la hora y el día al que se esté haciendo alusión. Deberán considerarse siempre los valores pico, para garantizar que se cuenta con la infraestructura necesaria para brindar un servicio con la disponibilidad y eficiencia a la que están acostumbrados los usuarios de la actual red de voz de la UNAM. Los valores que deben considerarse, son los valores pico en la época y el día de mayor carga.
- Softphones vs hardphones: la instalación de softphones en lugar de los IPphones (hardphones), es una opción atractiva, sobre todo por que no necesita de un puerto extra como el IPphone, el cual, si no cuenta con un eliminador propio, debe ser alimentado por un puerto de un Switch especial; sin embargo, si requiere el softphone de la compra de una licencia para poder ser instalado. Los hardphones reproducen con más fidelidad, en cuanto a operación y sensación se refiere, el tipo de aparato al que tan acostumbrados estamos. Los softphones evitan la necesidad de otro puerto IP para operar, además de que permiten la marcación directa desde la PC: pero, ojo, si la computadora que tiene el usuario no es lo suficientemente potente, se convertirá en una carga de trabajo con la que no podrá, lo que conducirá a pensar en la instalación de un IPphone. Hay que considerar las ventajas que ofrece la actualización del equipo de cómputo del usuario, cuando no sea lo mínimo de poderosa, contra la instalación de un IPphone, para brindar el servicio de voz.
- Personal de operación y administración: el grupo de trabajo que se encargue de la administración, configuración y operación de la nueva red de voz, deberá estar integrado por personas que tengan conocimientos en redes de datos y redes de voz, por que el comportamiento de la red de voz depende de otros factores que, para ambas partes, son nuevos. Se requiere una mayor capacitación en el manejo de las herramientas empleadas en las redes de datos, y muchas de las situaciones que se presentaban en la red telefónica.
- Desarrollo de nuevos procedimientos para la detección y resolución de fallas en los servicios de voz: esto será posible solo mediante la participación activa de las personas que, actualmente, trabajan de manera separada, se deberán elaborar procedimientos escritos y detallados, y conservar una bitácora escrita de todos aquellos problemas o configuraciones que sufra la red, esta bitácora deberá ser muy accesible para permitir un aprendizaje más dinámico y mejor sustentado, que redunde en una administración eficiente y en un servicio altamente confiable.
- Manejo y operación de las Hotline (líneas de emergencia): este es un problema bastante delicado, por varias razones:
  1. Son servicios que no permiten, ni requieren marcación alguna por parte del usuario.

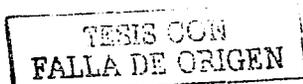


2. En cuanto se descuelga el teléfono (el cual no indica tono de invitación a marcar), se hace la petición de conexión a un número predefinido por el administrador.
3. Debe anunciar el número desde donde se marca en el aparato que recibe la llamada y, de ser posible, tener asociado un nombre (predefinido por quien determine la Central de Atención de Emergencias), para una asociación más directa y rápida del aparato desde donde se está solicitando auxilio.
4. Pueden ser servicios que tienen un teléfono conectado, instalado dentro de una dependencia, o localizados en un poste de emergencia instalado en áreas abiertas.
5. Son extensiones analógicas, para poder ser instaladas en los postes de emergencia que hay por toda la Ciudad Universitaria y algunas dependencias externas.
6. Se puede acceder al servicio de emergencia mediante la marcación de dos dígitos (55) desde cualquier extensión de la UNAM.

La mayoría de equipos actuales, según se ha podido averiguar, ya soportan este tipo de servicio de manera adecuada, por lo que será necesario que se pruebe a profundidad esta cuestión, sobre todo por que estos servicios deben ser analógicos y deben soportar largas distancias, para poder ser instalados en los postes de emergencia.

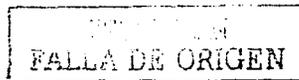
Una solución posible es la de mantener un PBX (o un grupo de estos) para que hagan las funciones de central, para este tipo de líneas: de esta forma se puede subsanar esta problemática, requiriéndose únicamente que sea un equipo el que esté interconectado a la nueva red de voz.

- Sistema de tarificación: la tarificación la deberá reportar cada equipo a un equipo central, buscándose que sean compatibles, en caso de que sean de diversos fabricantes, o buscar un producto de un tercer fabricante que sea compatible con todos para conseguir un proceso eficiente y confiable. Deberán convivir los dos sistemas de tarificación, tanto el actual como el nuevo, para poder desplazar la carga de un sistema al otro, conforme se lleve a cabo la migración. El nuevo sistema deberá ser capaz de cumplir con todas las funciones del sistema actual, incluso, deberá proporcionar opciones nuevas que serán especificadas por el departamento de Tarificación y Facturación. La parte más pesada es la de los reportes, puesto que se debe reportar a cada dependencia respetando las extensiones que tiene asignadas, así como las claves personalizadas que están a su servicio. El reporte debe indicar también el tipo de conexión que se hizo, si fue por marcación directa, por transferencia o por conferencia, el número desde donde fue realizada la llamada, la duración, el número marcado, el número de ruta por donde salió y el número de troncal que se utilizó.
- Personal: actualmente laboran en la Subdirección de Operación Telefónica, a cargo de la red de voz, 1 jefe de departamento, 6 encargados de nodo (técnicos académicos), 15 técnicos, 1 encargada de la recepción de los reportes telefónicos y 1 encargada de la información sobre el directorio telefónico. Este personal deberá sufrir una reestructuración, ya que



cambiara el entorno en que se desempeñaban, los primeros afectados serán los técnicos, debido a que en la nueva red, la infraestructura de cableado (como ellos la conocen) ya no será la misma, además de que será mucho más reducida, todo deberá ser cableado estructurado. Se debe considerar la posibilidad de capacitarlos para que se desempeñen en el nuevo campo, aunque este, por ser uno más complejo y especializado, se vislumbra viable solo en el largo plazo. Los encargados de nodo, ahora deberán atender todos los reportes que se generen, debido a que todo el cableado será estructurado, se reducirá enormemente la carga de trabajo. Deberán ser capacitados en la operación y administración de los nuevos equipos, también deberán incrementar sus conocimientos en redes de datos, switcheo y ruteo. Deberán aprender a manejar las herramientas básicas de monitoreo de redes de datos, analizadores de protocolos, etc. Sobre todo, se requiere que se lleve a cabo una división clara de la parte de la red en la que tendrán injerencia, para no interferir en las labores de la gente que administra y opera la red de datos y, sobre todo, para evitar duplicidad de funciones.

- Equipos que se retiren: estos se utilizarán como fuente de refacciones, para ello, se deberán concentrar y controlar, así se evita la compra de tarjetas extras y refacciones para cubrir las necesidades mientras dura la transición a la nueva red. Se pueden destinar algunos de estos equipos para pruebas, de esta manera se mantiene capacitado al personal y se aprovechan los conocimientos adquiridos. Debido a que la transición no será instantánea, se pueden instalar algunos de los PBX más avanzados en aquellos nodos que se determine que serán los últimos en migrarse a la nueva tecnología.
- Tiempos: se calcula que la sustitución se puede hacer en un periodo de un par de años, a partir de la sustitución del primer equipo, esto dará margen suficiente para conocer más a fondo esta nueva tecnología y capacitar a la gente que se encargará de administrar la nueva red de voz. Esto será posible siempre y cuando las dependencias adecuen su red LAN, para que pueda soportar la transmisión de la voz en paquetes. Es necesario tener en cuenta el orden de sustitución de los equipos, de esto depende que se puedan mantener operando los equipos menos viejos durante más tiempo. Los equipos a los que se debe dar preferencia de cambio son los NEC NEAX 2400 SDS, debido a que no se cuenta con refacciones suficientes, será necesario retirarlos en primer lugar, de esta manera se podrá trabajar con más calma en la sustitución de los demás equipos, por o menos se debe considerar sustituirlos por los equipos más recientes que sean retirados de los otros nodos.



## 8. ANÁLISIS DE RESULTADOS

### 8.1. Alcatel

No fue posible probar ni uno solo de sus equipos disponibles en México, lamentablemente esta empresa ha tenido muchas dificultades para mantenerse operando en el país, debido a los problemas económicos mundiales de los últimos años. Al igual que el resto de las compañías que ofrecen equipos de VoIP, aseguran que sus equipos son capaces de trabajar formando una red que soporte miles de servicios, todos ellos comportándose como si estuvieran conectados a un mismo equipo, permitiendo administración remota, manejo de facilidades y privilegios para cada línea, manejo de rutas alternas de acuerdo al tráfico y disponibilidad de cada una de ellas. Para ello requiere que se utilice su software propietario, manejando diversos esquemas de compresión de la voz, mensajería unificada, correo de voz, etc. Soporta enlaces IP, Frame Relay, ATM e ISDN. También ofrece la posibilidad de instalar antenas para servicio telefónico inalámbrico, con servicio de roaming automático y todas las facilidades que tiene cualquier otra extensión física, además de la posibilidad de utilizar un softphone, protegido por clave, para evitar que sea utilizado sin autorización. Ofrece también el servicio de Call center y ACD.

Los teléfonos digitales son propietarios de la empresa. Requieren la utilización de un equipo extra que alimente de energía eléctrica a todos los teléfonos IP instalados, evitando así la necesidad de usar eliminadores extras para cada uno de estos.

Debido a las últimas adquisiciones que hizo esta compañía, es capaz de ofrecer una solución de extremo a extremo, tanto en la red LAN como WAN, garantizando con esto un desempeño adecuado, aunque, claro, no abundaron mucho en los problemas que hayan tenido en la interconexión con equipos de terceros.

### 8.2. Avaya

Se instaló y probó un equipo de VoIP en la DGSCA, el cual se interconectó al PBX mediante un PRI ISDN, con señalización QSIG. Cuenta con teléfonos IP propietarios, los cuales requieren de un equipo que les proporcione energía a través del mismo UTP.

Se probaron los equipos wireless, los cuales soportan facilidades como: transferencia, conferencia, retención de llamadas, desvío de llamadas, entre otras. Se puede restringir el servicio de cada línea y manejar códigos personalizados para marcación. La calidad de la voz es buena, la recepción es satisfactoria, aunque no tienen mucho alcance; tienen poco retardo y su funcionamiento es más parecido al de un teléfono celular.

El equipo en términos generales se comportó muy bien, no presentó muchos problemas para configurarse, aunque los comandos son muy parecidos a secuencias de comandos en UNIX. Los cambios los aceptaba en línea, las interfaces de conexión de los enlaces son muy manejables, además, para mover el enlace no es necesario inhibir la tarjeta. Una vez que se ha instalado la tarjeta correspondiente y se han conectado los coaxiales, es necesario indicarle al equipo que haga el reconocimiento del enlace, lo cual si tarda un par de minutos, pues lo hace troncal por troncal y reporta, en línea, el estado que haya detectado, pudiéndose detectar el nivel de falla, en caso de no levantar el enlace.

### 8.3. Cisco Systems

Se instaló un equipo CISCO de VoIP en la DGSCA, para ser utilizado por la DTD, para ello se utilizó un enlace PRI ISDN con señalización QSIG, lográndose que opere de manera adecuada; el retardo que tiene es pequeño, la claridad de la comunicación es buena y no presenta problemas de eco, aún cuando se haga la interconexión con la PSTN. Los teléfonos tienen un diseño bastante atractivo, con una pantalla de cristal líquido grande y directorio integrado siempre disponible en la pantalla. El menú de la pantalla es muy intuitivo, por lo que no se requiere mucha práctica para poder usarlo adecuadamente. No fue posible lograr que funcionara con un enlace E1 con R2 conectado al PBX, no hemos podido descubrir la razón, puesto que acepta sin problemas los enlaces provenientes de la PSTN, al igual que el PBX, sin embargo, al conectar estos dos equipos, con este tipo de enlace, simplemente no es posible que operen bien. Las facilidades operan sin problemas, tales como la transferencia, conferencia, desvío de llamadas, etc. El IPphone opera bien, incluso conectado en un segmento diferente de la red, lo que permite que se cambien de un segmento a otro sin muchos problemas.

No se pudo probar la solución wireless de Cisco, lamentablemente no pudimos conseguir que nos facilitaran el equipo para probarlo.

### 8.4. Nortel Networks

Se probó el modelo BCM Bussines Communication Manager, de baja capacidad inicial. Este equipo ha tenido buen desempeño en las pruebas, presentando poco retardo, comunicación clara, tanto con los IPphones como con los wireless, los cuales, hay que aclarar, son de terceros (Symbol Technologies), así como el Access Point que utilizan, sin embargo están bien integrados.

Se interconectó con el PBX utilizando un enlace PRI ISDN con señalización QSIG, lográndose una comunicación rápida y sin problemas, tanto de llamadas de entrada de la red UNAM, como provenientes de la PSTN. Es posible manejar conferencias y transferencias, retención de llamadas, mensajes de llamadas (sólo entre usuarios de este equipo), desvío de llamadas, grupos de captura de llamadas, entre otras.

Todas las facilidades son mucho más sencillas de utilizar si se utiliza el IPphone que si se utiliza el wireless, gracias a la amplia pantalla de cristal líquido que tiene este.

Cuenta con servicio de correo de voz, el cual se activa adquiriendo la licencia, y operadora automática incluida (la cual no se ha podido probar, debido al poco tiempo que estará el equipo a nuestra disposición).

### 8.5. Sphere Communications

No se nos ha presentado la oportunidad de probar algún equipo de este fabricante, aunque claramente está enfocado a redes pequeñas o muy distribuidas, puesto que sus equipos no son muy robustos.

Un punto en el que habría que tener mucho cuidado es en el hecho de que necesita un equipo extra para soportar la conexión de un E1, el cual no es el caso de los equipos de los demás fabricantes, que solo requieren una tarjeta de interface que va instalada en el mismo equipo.

## 8.6. Siemens

HiPath 3000. Este equipo, después de haber sido sometido a pruebas, demostró ser relativamente fácil de configurar. Soporta enlaces E1 con R2, así como enlace PRI ISDN con QSIG, sólo que la versión de QSIG instalada en nuestros PBX NEC es una versión básica, por lo que está muy limitada, por lo tanto, el comportamiento es muy parecido a R2 y no acepta facilidades entre el PBX y el HiPath.

Se trató de interconectar IPphones de Cisco a este equipo, sin embargo, debido a la rutina que ejecuta cada marca de IPphone, no logró el IPphone de Cisco localizar al Call Manager de Siemens, por lo que no se logró que funcionara. Se realizó un esquema de pruebas, el cual contempló la instalación de IPphones directamente al segmento de red donde está localizado el Call Manager, y otros en segmentos diferentes, en otra parte del Backbone de la UNAM, lográndose la comunicación de manera satisfactoria, incluida la transferencia de llamadas, la retención, la transferencia y conferencia. Se probaron diferentes protocolos de codificación, resultando una calidad buena de comunicación, lamentablemente no se pudo probar con situaciones de tráfico intenso. Los IPphones requieren que se les conecte a un puerto de un Switch especial, conocido como Power Switch, el cual, a través del mismo cable UTP, le proporciona la energía necesaria para su operación.

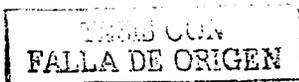
El equipo presenta problemas de señalización en cuanto se hace una conexión tándem de R2 a QSIG, el cual no se pudo identificar y resolver de manera satisfactoria, debido al poco tiempo que se le pudo dedicar a este equipo para configurarlo y probarlo.

El equipo también soporta la conexión directa de teléfonos digitales (propietarios) o de teléfonos analógicos convencionales, en ambos casos el número es reducido y aún con ampliaciones el número de estos aumenta poco.

Nos comentaron que cuentan con equipos más robustos, los cuales pueden ser interconectados para formar una red distribuida, para ello requieren del uso de su software propietario.

## 8.7. Nec

Esta compañía, al ser la que nos ha proveído de todos los PBX instalados en la UNAM, tiene una clara ventaja sobre los demás fabricantes, puesto que conoce a profundidad la red. Ofrece la posibilidad de interconectar sus nuevos equipos con los PBX, *sin perder ninguna facilidad entre equipos*, esto gracias a que continuarían utilizando SS7, *aún sobre IP*. Esto es algo que nadie más ofrece, puesto que cada fabricante emplea su propia señalización, la cual no es compatible con la SS7 de NEC. Otro factor importante es que también ofrece la facilidad de administrar todos los equipos de manera remota y que, si se requiere, se agrupan equipos, para que se comporten como si fueran parte de un equipo de mayor tamaño, aún cuando se encuentren en una ubicación geográfica diferente, para esto lo único que requieren es que se cuente con un enlace rápido entre ambos equipos. De esta manera se pueden administrar más eficientemente los equipos, y los cambios globales toman menos tiempo.



La cuestión de los teléfonos digitales, que se tienen instalados actualmente, queda resuelta en gran medida, puesto que los nuevos equipos los soportan.

Ofrecen la posibilidad de instalar Softphones, correo de voz, teléfonos inalámbricos y manejo de facilidades transparente en toda la red.

Los equipos requieren de la compra de una licencia, para poder instalar cualquiera de los diferentes tipos de interfaces que soportan.

Al probar la interconexión entre un equipo IVS 2000 (PBX tradicional de baja capacidad) y un IVS<sup>2</sup> (equipo de baja capacidad que soporta VoIP), no se logró establecer un enlace E1 SS7, debido, según palabras de los Ingenieros de NEC, a que las tarjetas empleadas no tenían la misma versión de Firmware, por lo que no era posible establecer la señalización entre ellos.

El procedimiento de programación, configuración y administración de estos equipos de VoIP es muy similar a la de los equipos IVS 2000, siendo muy pocas la variaciones.

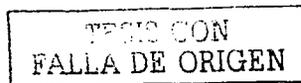
Donde también presentó problemas es en la solución wireless, toda vez que no se ha podido probar completamente, pues no han resuelto algunos problemas. Presentó fallas desde el momento de tratar de levantar el enlace entre el IPX y el PBX 7400 ICS, además de que la aplicación wireless no es propietaria y, lamentablemente, no ha respondido a las expectativas, toda vez que no consigue comunicar el call manager con el wireless si están en VPN's diferentes.

## **8.8. Otras tecnologías**

### **8.8.1. Centrex**

En el CCH Vallejo se tiene contratado el servicio de CentralMax Comercial o Centrex de Maxcom, los resultados han sido satisfactorios para el plantel, toda vez que tenían que pagar grandes cuentas por el servicio telefónico, básicamente debido al abuso en las llamadas a números celulares o de larga distancia, las cuales eran muy difíciles de controlar, pues todas sus líneas telefónicas son contratadas, por separado, con la empresa Telmex. Este plantel no cuenta con PBX propio, por lo que no está interconectado a la red de voz de la UNAM.

Aún cuando han logrado bajar sus cuentas de servicio telefónico de manera drástica, sigue siendo un desembolso importante el servicio de Centrex que utiliza actualmente, aún tratándose de una dependencia que no cuenta con un gran número de usuarios, por lo que considerando el tamaño de la UNAM, en cuanto a cantidad de servicios telefónicos que tiene, no representa una oferta atractiva, además de requerir la utilización de cableado telefónico, tal cual se hace actualmente, sin embargo, se requiere renovar gran parte de este sistema, toda vez que tiene más de veinte años de estar instalado, lo que representa una inversión fuerte también.



## CONCLUSIONES

La UNAM puede apostar por la tecnología de Voz sobre IP, como tecnología sucesora de la conmutación de circuitos tradicional. La UNAM tiene como ventaja que cuenta con un backbone Gigabit Ethernet, que le permitiría proveer de servicios a todas las dependencias universitarias que así lo requieran y que estén conectadas a este backbone.

Ahora bien, ¿por que VoIP?, ¿por que no Voz sobre Frame Relay?, o ¿voz sobre ATM?

Aún cuando la idea de integrar la voz a las redes de datos no es nueva, Frame Relay y ATM han demostrado ser capaces de transportar la voz de manera satisfactoria, sin embargo, sus productos no lograron penetrar el mercado tan ampliamente como lo están haciendo los equipos IP, sencillamente por que son tecnologías enfocadas a enlaces WAN, mientras que IP propone ser una solución de extremo a extremo.

La ventaja de esta tecnología es que, a futuro, se vislumbra una integración mayor de aplicaciones diversas, que serán soportadas por el equipo de VoIP. Por lo que se podrá proveer de servicio de correo de voz, correo electrónico, operadora automática y demás, a todos los usuarios de la red, lo que simplifica mucho las actividades necesarias para su implementación y administración.

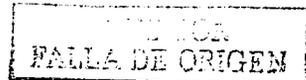
La migración debe ser paulatina, poniendo énfasis en la integración de los equipos que se conecten a la red, procurando la homogeneidad de todas las configuraciones y la perfecta convivencia de todos los equipos de VoIP que se instalen, buscando la sencillez y seguridad, sin perder de vista la necesidad de contar con redundancia, tanto en los equipos centrales como en los enlaces.

Sin embargo, deben tomarse las cosas con mucha calma: dado que aún falta mucho por hacerse hasta que la tecnología de VoIP sea madura, se deberá mantener la actual red funcionando, sin perder de vista los nuevos productos que se desarrollen.

El primer aspecto que deberá atacarse es la de la homogenización de la operación de los diferentes segmentos de red que no son administrados por la DGSCA: es importante que se establezcan los requisitos, que deberán cumplir cubrir las redes locales de las dependencias, para garantizar una óptima operación de los equipos de VoIP y poder prestarles un servicio que pueda competir directamente contra el servicio que presta actualmente la red de PBX.

Reemplazar totalmente la red de voz tradicional, por otra constituida con equipos de VoIP, es muy interesante, sobre todo por la oportunidad que brinda de que sea una red con tecnología de punta: sin embargo, debe tenerse mucho cuidado de conocer y sopesar muy bien todas las dificultades que el cambio generaría, es necesario platicar ampliamente con los encargados de administrar y operar la red de voz y los que se encargan de la red de datos, por que ¿quién mejor que ellos saben los problemas que estas tienen?, planificar mucho antes de actuar y, sobre todo, tomar en cuenta que es un proceso que afectará a toda la UNAM.

Se deberán realizar las actividades de sustitución en periodos vacacionales o en fin de semana, o hacer una red en paralelo que, poco a poco, vaya sustituyendo a la actual red, sin que impacte la disponibilidad del servicio.



La inversión es muy fuerte, aún cuando se haga en un plazo de varios años; hay que considerar que es una red privada bastante grande y distribuida, y que, sobre todo, que es una herramienta imprescindible para el funcionamiento de la UNAM. No hay que dejar de lado el hecho de que, los actuales encargados de la red de voz de la UNAM, hemos logrado estabilizar su operación, elevando considerablemente la disponibilidad del servicio y minimizado el número de fallas en los equipos, por lo que se puede considerar posible que se mantenga operando a la red actual con relativamente pocos cambios, eso si, se deben conseguir algunas refacciones para tenerlas de stock, y evitar que se quede algún equipo fuera de operación por falta de estas.

La experiencia obtenida al trabajar con este tipo de tecnologías, me ha permitido profundizar en otros aspectos técnicos, los cuales vienen a formar parte, de ahora en adelante, de mi formación profesional, lo que me permite ser un mejor ingeniero, con una visión más amplia y profunda de las tecnologías presentes en las telecomunicaciones.

## BIBLIOGRAFÍA

- Kessler, Gary C. "ISDN: concepts, facilities and services"  
McGraw-Hill, Estados Unidos de Norteamérica  
1ª edición, 1990  
302 páginas.
- Davidson Jonathan  
Peters James "Voice over IP fundamentals"  
Cisco Press, Estados Unidos de Norteamérica  
1ª edición, 2000  
386 páginas
- Keisser, Bernhard  
E. "Digital telephony and network integration"  
Van Nostrand Reinhold, Estados Unidos de  
Norteamérica  
2ª edición, 1995  
670 páginas
- Strange, Eugene
- Tanenbaum,  
Andrew S. "Redes de computadoras"  
Pearson, México  
3ª edición, 1997  
814 páginas
- Black, Uyless "Tecnologías emergentes para redes de  
computadoras"  
Pearson, México  
2ª edición, 1999  
460 páginas
- Bellamy, John "Digital Telephony"  
*Wiley series in telecommunications, Estados Unidos  
de Norteamérica*  
2ª edición, 1991  
574 páginas
- Russell, Travis "Signaling system #7"  
*McGraw-Hill, Estados Unidos de Norteamérica*  
3ª edición, 2000  
578 páginas
- Russell, Travis "Telecommunications protocols"  
*McGraw-Hill, Estados Unidos de Norteamérica*  
2ª edición, 2000  
428 páginas

- Van Bosse, John G. "Signaling in telecommunications networks"  
*John Wiley & sons, Estados Unidos de Norteamérica*  
 1ª edición, 1998  
 552 páginas
- Minoli, Daniel  
 Minoli, Emma "Delivering voice over IP networks"  
*John Wiley & sons, Estados Unidos de Norteamérica*  
 1ª edición, 1998  
 276 páginas
- Black, Uyles "Internet telephony: call processing protocols"  
*Prentice Hall PTR, Estados Unidos de Norteamérica*  
 1ª edición, 2001  
 374 páginas
- Black, Uyles "ISDN and SS7: architectures for digital signaling  
 networks"  
*Prentice Hall PTR, Estados Unidos de Norteamérica*  
 1ª edición, 1997  
 346 páginas
- Feit, Sidnie "TCP/IP"  
*McGraw-Hill, España*  
 1ª edición en español, 1998  
 624 páginas
- Mercado Arceo, InfoWorld  
 Claudia *International Data Group, México*  
 Coordinadora *Publicación quincenal.*  
 editorial *22 páginas*
- O'Keefe, Sue Americas Telecommunications  
 Editora en jefe *Horizon House, Estados Unidos de Norteamérica*  
*Publicación mensual*  
 38 páginas