



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

---

---

FACULTAD DE INGENIERÍA

VOZ SOBRE IP: BASES, ANÁLISIS, DISEÑO Y  
SOLUCIÓN APLICADA A UNA RED CORPORATIVA

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES  
P R E S E N T A N :

ISABEL MIRANDA ALVARADO  
BRISSA ROSAS LIRA

DIRECTOR DE TESIS: Dr. MIGUEL MOCTEZUMA FLORES



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**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.

*Gracias a mis padres, Patricia y Leandro,  
y a mis hermanos por todo su apoyo.  
Esta tesis es solamente una muestra de  
mi gratitud y amor hacia ustedes.  
Jesús gracias por tu ánimo.  
- Isabel -*

*Thanks to all the people who made possible this,  
And of course thanks to God!  
- Brissa -*

# CONTENIDO

Abstracto.....	v
<b>1. Introducción.....</b>	<b>1</b>
1.1 Conceptos generales.....	2
1.1.1 Modulación por Codificación de Pulso.....	3
1.1.2 Codificador/Decodificador.....	5
1.1.3 Red telefónica convencional: PSTN.....	6
1.1.4 Conmutación de circuitos.....	11
1.1.5 Conmutación de paquetes.....	12
1.1.6 Protocolo de Internet, IP.....	13
1.2 Conmutación de voz en una red corporativa.....	15
1.2.1 Redes Corporativas Existentes.....	15
1.2.2 Voz en la Red Corporativa.....	19
<b>2. La Tecnología VoIP.....</b>	<b>21</b>
2.1 Estructura de una red de VoIP.....	24
2.1.1 Tipo de redes.....	27
2.1.2 Componentes de una red VoIP.....	29
2.2 Redes de telefonía IP.....	32
2.2.1 El ambiente de telefonía IP.....	33
2.2.2 La arquitectura de la telefonía IP.....	35
2.3 Señalización para telefonía sobre IP.....	36
2.3.1 H.323.....	39
2.3.2 SGCP y MGCP.....	42
2.3.3 SIP.....	44
2.3.4 MEGACO (H.248).....	45
2.4 Principios de redes basadas en H.323.....	46
2.5 Principios de redes basadas en SIP.....	52
2.6 Concepto de softswitch y red inteligente.....	58
<b>3. Características de desempeño de redes VoIP.....</b>	<b>69</b>
3.1 Requerimientos de ancho de banda.....	71
3.2 Calidad de voz.....	79
3.3 Parámetros que impactan el tráfico de la red IP.....	83
3.4 Calidad de servicio, QoS.....	100
<b>4. Ejemplo de aplicación.....</b>	<b>104</b>
4.1 Necesidades de comunicación de la empresa.....	105
4.2 Solución general propuesta.....	107
4.2.1 Interfaz analógica (E&M).....	108
4.2.2 VoIP.....	111

4.2.3 IPT.....	114
4.3 Descripción de los sistemas de telefonía propuestos.....	115
4.3.1 Solución Nortel Networks.....	115
4.3.1.1 Características y facilidades del sistema telefónico... 115	
4.3.1.2 Gateway.....	120
4.3.1.3 Administración del sistema.....	121
4.3.1.4 QoS y seguridad.....	122
4.3.1.5 Ingeniería propuesta y diagramas esquemáticos.....	124
4.3.2 Solución Cisco Systems.....	126
4.3.2.1 Características y facilidades del sistema telefónico.....	126
4.3.2.2 Gateway.....	132
4.3.2.3 Administración del sistema.....	132
4.3.2.4 QoS y seguridad.....	133
4.3.2.5 Ingeniería propuesta y diagramas esquemáticos .....	133
5. <b>Prospectiva</b> .....	137
5.1 La telefonía actual y el camino hacia una red de telefonía pública sobre IP.....	137
5.2 Ventajas de la telefonía corporativa sobre IP.....	139
5.3 Panorama Telefonía IP en México.....	140
6. <b>Conclusiones</b> .....	142
<b>Apéndices</b> .....	144
A. Lista de tablas.....	144
B. Lista de figuras.....	145
C. Glosario.....	147
<b>Referencias. Bibliografía</b> .....	158

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO  
FACULTAD DE INGENIERÍA

Abstracto

En este trabajo de tesis se abordarán las bases fundamentales de la tecnología de Voz sobre Protocolo de Internet, VoIP, previas al análisis y diseño de la implantación de una red de VoIP de acuerdo con los requerimientos del cliente; así mismo, se analizarán las ventajas y desventajas de las diversas alternativas de solución, dependiendo de las características del equipo a utilizar, así como las consideraciones y recomendaciones antes, durante y al final del proceso. Finalmente, se planteará de manera general, la tendencia que se considera tendrá esta tecnología de acuerdo con la situación actual, específicamente en nuestro país.

# INTRODUCCIÓN

La intención de este trabajo de tesis es proporcionar las bases fundamentales de la tecnología de Voz sobre el Protocolo de Internet (*Voice over Internet Protocol - VoIP*), con objeto de conocer algunas de las ventajas, su infraestructura y su prospectiva a mediano plazo.

En este trabajo se abordarán las bases fundamentales de la tecnología de VoIP previas al análisis y diseño de la implementación de una red, de acuerdo con los requerimientos del cliente; así mismo, se analizarán las ventajas y desventajas que se presentarán, alternativas de solución dependiendo de las características del equipo a utilizar, así como las consideraciones y recomendaciones antes, durante y al final del proceso. Finalmente, se planteará de manera general, la tendencia que se considera tendrá esta tecnología de acuerdo con la situación actual, específicamente en nuestro país.

VoIP está siendo considerada la tecnología del futuro, y es que como sabemos actualmente, y en todo el mundo, Internet, o más ampliamente las redes IP, junto con la telefonía móvil son los dos fenómenos que captan mayor interés dentro del mundo de las telecomunicaciones, y prueba de ello es el crecimiento experimentado en el número de usuarios que están por utilizar estos dos servicios.

La utilización de la telefonía sobre IP como sustituto de la telefonía convencional, principalmente se debe a su reducido coste. Sin embargo, existen estudios que demuestran que el nivel de costes de los dos tipos de tecnologías (conmutación de circuitos y voz sobre IP) no es realmente determinante para la tarifa final que paga el cliente. En otras palabras, los operadores tradicionales de tráfico de larga distancia y tradicional podrían, y seguramente lo harán, bajar los precios de forma que se llegue a un nivel de coste similar para una misma calidad de voz. Se prevé por tanto que sólo durante un período de cinco años existirán argumentos económicos en favor de la voz sobre IP.

Después de este período, serán otros argumentos los que favorezcan la utilización de técnicas de telefonía sobre IP, como son la posibilidad de multimedia, control del enrutamiento por parte del

PC del usuario, unificación absoluta de todos los medios de comunicación en un sólo buzón, creación de nuevos servicios, entre otros.

Este tipo de servicios es reciente, en el sentido que realmente no son simples sustitutos de servicios existentes. Por esta misma razón no es fácil predecir la evolución del mercado en este segmento. También es impredecible la cantidad de nuevos servicios que pueden surgir cuando uno de los extremos de la llamada, al menos, es una PC que a su vez está sujeta a una evolución tremenda, por lo que ahora se está buscando una convergencia.

En el área de comunicaciones, el término *convergencia* se refiere al hecho de transportar voz y datos juntos, en un equipo y cableado común, bajo un mismo administrador.

La convergencia de las redes de telefonía e Internet está llevando al uso de redes de paquetes para la transmisión. La integración de voz y datos en una sola red ofrece una significativa mejora en la eficiencia de los operadores tanto de redes públicas como privadas.

Dado que los datos son transportados más eficientemente en redes de paquetes, y este tipo de tráfico ha alcanzado al tráfico de voz, e incluso continua creciendo más rápidamente que este último, no sorprende que las redes integradas usen transmisión de paquetes. Por lo que, la transmisión de paquetes de la voz digital es un paso lógico, pero esto ha traído implicaciones en la calidad de la voz.

Al utilizar el protocolo IP, las llamadas viajan como paquetes de datos en líneas compartidas con tasas de transmisión mayor y utilizando un menor equipamiento, evitando el cambio a la red de telefonía pública conmutada (*Public Switched Telephony Network* - PTSN).

## 1.1 Conceptos Generales

Con objeto de conocer más acerca de esta tecnología, es necesario establecer algunos conceptos que serán de ayuda para entender como trabaja VoIP.

Para empezar a analizar el proceso por el cual tiene que pasar la voz para ser transportada sobre IP, en este capítulo se hará mención de los conceptos generales más importantes que nos ayuden a comprender el funcionamiento de la red de voz sobre IP.

Como sabemos todo lo que escuchamos, incluyendo la voz humana está en formato analógico. Hasta hace unas décadas la red de telefonía estaba basada en una infraestructura analógica y, aunque, las comunicaciones analógicas son ideales para la interacción humana, no son robustas ni eficientes al momento de recobrar la información con ruido lineal. El ruido lineal es



normalmente causado por la introducción de estática dentro de una red de voz. En las primeras redes de telefonía, la transmisión analógica era pasada a través de amplificadores para amplificar la señal. Pero, esta práctica no sólo amplificaba la voz sino también el ruido lineal. Este ruido lineal daba por resultado a menudo una mala comunicación.

En redes digitales, el ruido lineal es menor porque los repetidores no sólo amplifican la señal, también la limpian a su condición original. Esto es posible porque la comunicación está basada en 1's y 0's, por lo que el *repetidor* (amplificador digital) únicamente tiene que decidir si regenera a 1 o a 0. Por lo tanto, cuando las señales se transmiten, un sonido claro se mantiene.

Cuando los beneficios de esta representación digital llegaron a ser evidentes, la red de telefonía migró a *Modulación por Codificación de Pulso* (PCM).

### ***1.1.1 Modulación por Codificación de Pulso (PCM)***

PCM es el método más común para codificar una señal analógica en un flujo digital de 1's y 0's. Todas las técnicas de muestreo usan el *Teorema de Nyquist*, el cual básicamente establece que si se muestrea dos veces a la frecuencia máxima de la señal, se consigue una buena calidad de voz en la transmisión.

El proceso PCM consta de los siguientes pasos:

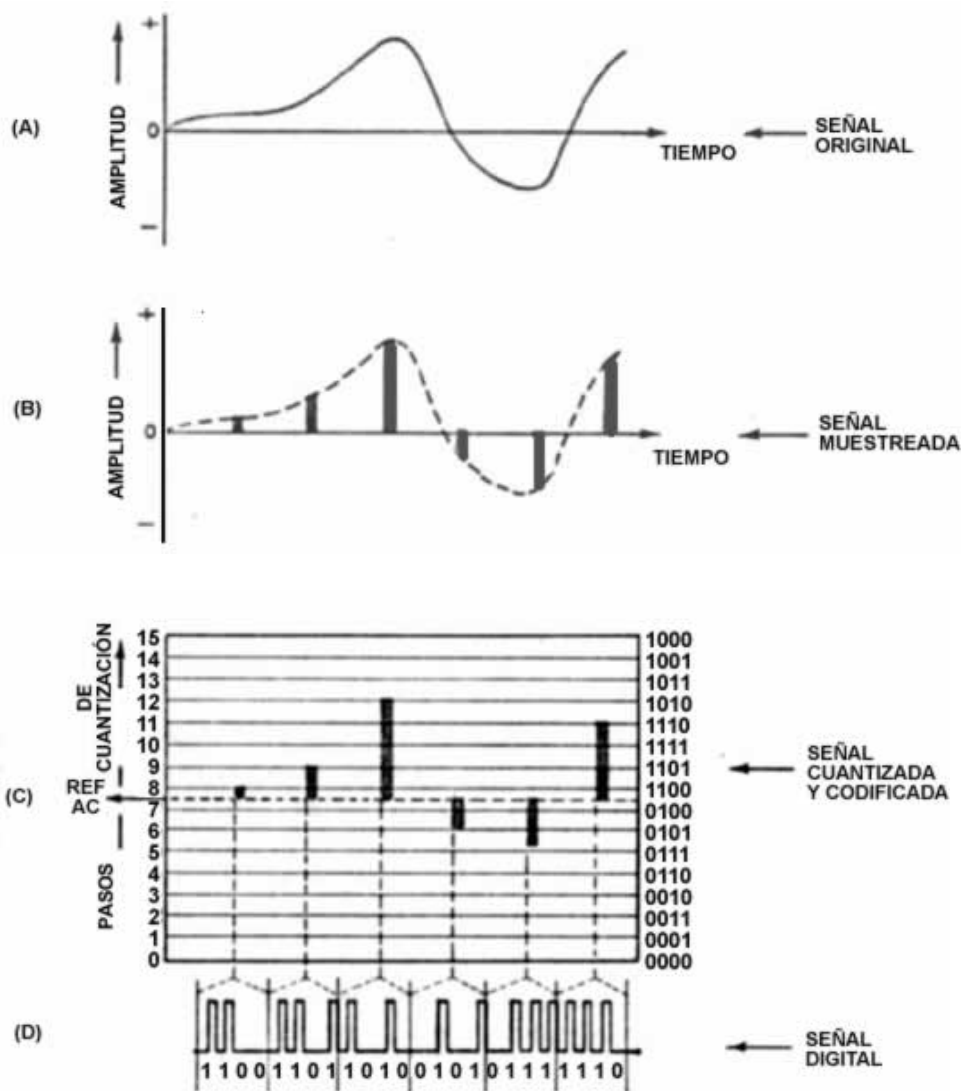
- Las ondas analógicas pasan a través de un filtro para eliminar cualquier onda mayor a 4000 Hz. Estas frecuencias son filtradas a 4 kHz para limitar la cantidad de interferencia en la red de voz. Usando el teorema de Nyquist, se necesitará muestrear a 8000 muestras por segundo para conseguir una transmisión con buena calidad de voz.
- Por lo que la señal analógica filtrada es muestreada a una tasa de 8000 veces por segundo.
- Después que la forma de onda es muestreada, es convertida en una forma digital discreta. Este muestreo es representado por un código que indica la amplitud de la onda en el instante que se tomó la muestra. El formato telefónico de PCM usa 8 bits para el código y un método de compresión logarítmica que asigna más bits a señales de baja amplitud.

Por lo que, si la señal es muestreada 8000 veces por segundo usando 8 bits para el código, tenemos que al multiplicar 8000 x 8 se obtiene la señal base de la infraestructura telefónica que es de 64000 bps (o 64 kbps).

- La conversión de formato analógico a digital ocurre en varios puntos durante la transmisión a través del uso de CODEC (codificadores/decodificadores), los cuales pueden estar localizados en el teléfono, el PBX (Private Branch Exchange) o en la CO (Central Office).

- Cuando la señal digital llega a su destino, es cuando la señal se vuelve a convertir al formato analógico a través del CODEC, para su entendimiento.
- Debido a que los flujos de información son transmitidos muy cerca uno de otros, estos flujos de información crean el efecto de un sonido continuo; de la misma manera como una película tiene varios frames que crean la ilusión de movimiento.

PCM es el proceso que utiliza la telefonía convencional para transportar la voz. En la figura 1.1 se muestra la representación gráfica de este proceso.



*Figura 1.1 Pasos de operación básicos de PCM. (A) La señal de voz original es (B) muestreada, se producen los pulsos correspondientes a la amplitud del voltaje instantáneo de la onda de audio y luego es (C) cuantizada en niveles y (D) codificados en señales digitales equivalentes<sup>1</sup>*

Al realizar una llamada telefónica convencional se hace uso de la red PSTN (*Public Switched Telephone Network*). Esta red PSTN ha venido evolucionando desde que Alexander Graham Bell hizo la primera transmisión de voz en 1876.

## 1.1.2 Codificador/Decodificador (CODEC)

Para que una señal analógica viaje a través de una red digital, primero debe de ser convertida a un formato digital (número). Un CODEC (o codificador/ decodificador) es un dispositivo que aplica algoritmos o reglas para realizar esta conversión.

Seleccionar el CODEC de voz apropiado es esencial. El desempeño del CODEC debe incluir la calidad de línea base (esto es sin ninguna debilidad) y el desempeño de la misma con debilidades, tales como ruido de fondo o pérdidas de paquetes.

La tabla 1.1 muestra algunos de los CODEC que son usados para el tráfico de voz. El ancho de banda requerido es estimado.

CODEC	DESCRIPCIÓN	USO	CARACTERÍSTICAS
G.711	64 kbps PCM	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Previsto para conexiones de banda ancha</li> <li>- Entrega óptima de calidad de voz, pero requiere de más ancho de banda</li> <li>- Elección de este CODEC cuando el ancho de banda no es un impedimento.</li> </ul>	Es utilizado para transmisión de voz en sistemas telefónicos digitales en un PBX o canal ISDN.
G.729 A/B	8 kbps CS-ACELP	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Previsto para conexiones con poco ancho de banda</li> <li>- Requiere menos ancho de banda que G.711</li> <li>- Entrega con baja calidad de voz</li> </ul>	<p>Usa el algoritmo de codificación PCM.</p> <p>Es la especificación por default de la telefonía por internet.</p> <p>Usa el algoritmo de compresión CS-ACELP que codifica la voz en una señal digital que se transmite a 8 kbps.</p> <p>Utiliza supresión de silencio o detección de voz (VAD) en las transmisiones de voz, lo cual puede reducir el ancho de banda hasta 4 kbps.</p>
G.726	16,24,32,40 kbps ADPCM	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Previsto para conexiones con poco ancho de banda</li> <li>- Requiere menos ancho de banda que G.729 pero se sacrifica calidad de voz</li> </ul>	Usa una modificación del algoritmo de codificación PCM, Adaptive Differential Pulse Code Modulation (ADPCM).
G.723.1	6.3 kbps MPMLQ 5.38 kbps CS-ACELP	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Previsto para poco ancho de banda</li> <li>- Provee más canales de voz con el sacrificio de la calidad.</li> </ul>	Usa un algoritmo de compresión que codifica la voz en señales digitales que transmiten a 5.3 o 6.3 kbps.

*Tabla 1.1 CODECs usados para tráfico de voz<sup>2</sup>*

El ancho de banda requerido es directamente proporcional al tamaño del muestro de la voz y la velocidad del CODEC usado. Generalmente, cuanto más pequeña sea la muestra de la voz, mayor es el número de paquetes que se necesitan.

La tabla 1.2 muestra un cálculo aproximado del ancho de banda que se necesitaría en G.711.

CODEC	TAMAÑO DEL MUESTREO	PAQUETES IP GENERADOS EN 1 seg. DE CONVERSACIÓN	BYTES IP REQUERIDOS EN 1 seg. DE CONVERSACIÓN	ANCHO DE BANDA EFECTIVO
G.711	5 ms = 40 bytes	200	16,000	128 kbps
G.711	10 ms=80 bytes	100	12,000	96 kbps
G.711	20 ms=160 byte	50	10,000	80 kbps
G.729A/B	5 ms = 5 bytes	200	9,000	72 kbps
G.729A/B	10 ms=10 bytes	100	5,000	40 kbps
G.729A/B	20 ms=20 bytes	50	3,000	24 kbps

Tabla 1.2 Cálculo del ancho de banda para diferentes estándares de compresión<sup>2</sup>

### 1.1.3 Red Telefónica convencional: PSTN

La infraestructura telefónica actual empieza con un simple par de hilos de cobre conectados a la casa del usuario. Este cableado físico es conocido como *local loop*. El *local loop* físicamente conecta el teléfono del usuario con el switch de la central telefónica (este switch también es conocido como *Switch Clase 5* o *end office switch*). La trayectoria de comunicación entre la central telefónica, CO, y la casa del usuario es conocida como *línea telefónica*.

La trayectoria de comunicación entre los switches de diversas centrales telefónicas es conocida como *troncal* o *trunk*.

Los switches son actualmente desplegados en jerarquías. Los *end office switches* (o switches de central telefónica) se interconectan a través de las *troncales* a *tandem switches* (también referenciados como switches Clase 4). Los *tandem switches* de alto orden conectan *local tandem switches*. En la figura 1.2 se ejemplifica la jerarquía de los switches.

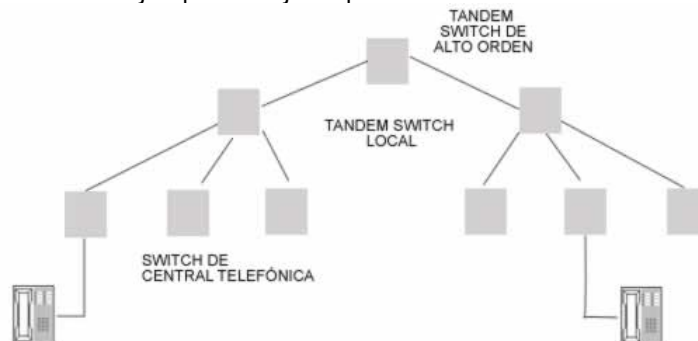


Figura 1.2 Jerarquía de los switches en una red de conmutación de circuitos<sup>3</sup>

Los switches de la central telefónica a menudo se conectan directamente entre sí. La conexión directa entre estos switches depende en gran parte de las llamadas. Si suficiente tráfico ocurre entre dos switches, un circuito dedicado es colocado entre ellos para “desahogar” estas llamadas de los local tandem switches. En algunas partes de la red PSTN se usan hasta cinco niveles de jerarquía de switcheo.

## Señalización PSTN

Todos los elementos que conforman una red PSTN requieren de un lenguaje o más propiamente dicho de una señalización, dado que debe existir un entendimiento entre ellos para el envío y recepción de información.

Generalmente, dos tipos de señalización corren bajo varios medios de transmisión. Los métodos de señalización se dividen en los siguientes grupos:

- **Señalización usuario-a-red.** Es la forma como un usuario final se comunica con la PSTN
- **Señalización red-a-red.** Es la forma como generalmente los switches en la red PSTN se intercomunican.

Generalmente, cuando usamos un par de hilos de cobre como medio de transporte, el usuario conectado a la red PSTN, ya sea a través de una interfaz analógica, de una red ISDN (*Integrated Services Digital Network*), o a través de un *carrier*, utiliza la señalización analógica DTMF (*Dual Tone Multi-Frequency*). DTMF es conocido como una señalización *en-banda* (*in-band*) porque los tonos son transportados a través de la trayectoria de voz.

Sin embargo, ISDN usa otro método de señalización conocido como *fuera-de-banda* (*out-of-band*). Con este método, la señalización es transportada en un canal separado de la voz. El canal en el cual la voz es transportada es llamada *portadora* o *bearer* (o canal B) y es de 64 kbps. El canal en la cual la señal es transportada es llamado un *canal de datos* (o canal D) y es de 16 kbps.

La comunicación red-a-red es normalmente transportada a través de los siguientes medios de transmisión:

- **Canal T1/E1 sobre par trenzado**

T1 es un enlace digital a 1.554 Mbps normalmente usado en Norteamérica y Japón  
E1 es un enlace de transmisión digital a 2.048 Mbps normalmente usado en Europa.

- **Canal T3/E3, T4 sobre cable coaxial**

T3 transporta 28 T1s (44.736 Mbps)

E3 transporta 16 E1s (34.368 Mbps)

T4 maneja 168 T1 (274.176 Mbps)

- **T3, T4 sobre un enlace de microondas**

- **SONET sobre fibra óptica**

Los tipos de señalización red-a-red incluyen señalización *en banda*, como en MF (Multi-Frequency) y RBS (Robbed Bit Signaling).

La señalización red-a-red también usa señalización *fuera de banda*, siendo el *Sistema de Señalización 7 (SS7)* el que se utiliza en nuestro país.

Utilizando estas señalizaciones es posible transportar información adicional que nos provea de servicios y/o aplicaciones tanto a nivel usuario como a nivel empresarial.

No obstante que PSTN ofrece una serie de servicios y aplicaciones, presenta limitaciones que le conducen a enfrentar una situación difícil.

Algunas de las características más comunes que encontramos en la red PSTN son:

1. **Llamada en espera.** Notifica a los usuarios cuando ellos están hablando que otra llamada quiere entrar.
2. **Sígueme.** Permite al usuario redirigir una llamada entrante hacia el destino donde el usuario se encuentre o elija.
3. **Tres en línea.** Permite la comunicación simultánea entre el usuarios y otras dos personas ubicadas geográficamente en diferentes lugares.

Con el despliegue de las redes SS7, características más avanzadas pueden ahora ser transportadas, siendo algunas de ellas:

- **Display.** Es posible identificar el número telefónico de la llamada entrante.
- **Bloqueo de llamadas.** Llamadas entrantes provenientes de números bloqueados por el usuario son saludados con un mensaje informándoles que la llamada no es aceptada.
- **Bloqueo de llamadas salientes.** Se bloquean la salida a ciertos números, no es posible realizar llamadas a números específicos que el usuario desee.
- **Remarcado automático.** Si al número que se marcó se encuentra ocupado, es posible, guardarlo en memoria y recibir una señal cuando la línea telefónica haya sido desocupada.

- **Retorno de llamada.** Permite al usuario conocer rápidamente las llamadas perdidas.

A nivel empresarial se ofrecen otro tipo de ventajas, como son:

- **Circuitos conmutados de larga distancia.** Servicios básicos de larga distancia, a menor costo.
- **Números 800/888/877.** El cargo por la llamada a estos números no se cobra.
- **Redes Virtuales Privadas, VPN's.** La compañía telefónica maneja un plan de numeración privado.
- **Líneas privadas arrendadas.** Estas líneas que van desde 56 kbps hasta OC-48s permite que voz y datos atraviesen diferentes redes.
- **Circuitos virtuales (Frame Relay o Modo de Transferencia Asíncrona, ATM).** El proveedor de telefonía conmuta sus paquetes. Esto lo hace paquete por paquete (o célula por célula en ATM) y no supone un circuito dedicado.

Algunos otros servicios que se ofrecen para ambientes corporativos y que requieren un amplio arreglo de sus comunicaciones son:

- Redes virtuales privadas de voz
- Servicios Centrex
- Servicios de Call Center

La mayoría de estas características son posibles debido al uso de la señalización SS7 y de redes inteligentes (IN, *por sus siglas en inglés*).

La lista de estas características son meramente ejemplos de las aplicaciones más populares actualmente en PSTN.

No obstante de que PSTN es efectivo y hace bien su trabajo para el cual fue diseñado, es decir, para la conmutación de llamadas de voz, muchos emprendedores de negocios están esforzándose para cambiar a una nueva red, en la que la voz será una aplicación importante en una red de datos, y esto está pasando por diversas razones:

1. **El tráfico de datos ha sobrepasado al tráfico de voz en redes construidas para voz.** Los datos están corriendo a la cabeza de redes que fueron construidas para transportar voz eficientemente. A pesar de que el tráfico de datos tiene diferentes características, tales como el uso variable del ancho de banda y la necesidad de un mayor ancho de banda. Pronto, las redes de voz correrán en redes construidas con una estructura de datos. El tráfico entonces será distinguido por su aplicación en vez de los circuitos físicos. Nuevas tecnologías (como Fast Ethernet, Gigabit Ethernet y las redes ópticas) serán

usadas para desarrollar redes de alta velocidad para transportar todos estos datos adicionales.

**2. *La red PSTN no puede crear y desarrollar avances lo suficientemente rápido.***

Con el aumento de la competencia debido a la falta de regulación en varios mercados de telecomunicaciones, los proveedores de telefonía están buscando formas de mantener a sus clientes. El método primario para mantenerlos es promoviendo nuevos servicios y aplicaciones.

Sin embargo, la red PSTN está construida bajo una infraestructura donde sólo el proveedor del equipo desarrolla las aplicaciones para ese equipo. Esto significa que se tiene que hacer una sola compra para todas las necesidades del cliente, lo cual es muy difícil, pues una empresa desconoce todas las necesidades del cliente.

Una mayor apertura de infraestructura, en la que varios proveedores puedan proveer de aplicaciones, trae consigo soluciones y aplicaciones más creativas. Lo cual no es posible con la actual arquitectura.

**3. *Datos/Voz/Video (D/V/V) no pueden convergir en la red PSTN así como actualmente está construida.***

La mayoría de los hogares cuentan sólo con una línea analógica, por lo que no es posible tener acceso de datos (internet), acceso telefónico y video a través de un modem de 56 kbps. Acceso de redes de alta velocidad, como DSL (*digital subscriber line*), cable, o redes inalámbricas son requeridas para esta convergencia.

**4. *La arquitectura construida para voz no es lo suficientemente flexible para transportar datos.***

Los canales portadores (canales B y circuitos T1/E1), el control de llamadas (SS7 y Q.931), y los servicios lógicos (aplicaciones) están limitados en una plataforma cerrada, lo cual no permite hacer cambios menores que puedan mejorar la calidad de audio.

Es importante también notar que las llamadas conmutadas de circuitos requieren un circuito dedicado permanentemente de 64 kbps entre los dos teléfonos. Si el que habla o el que recibe la llamada está hablando, la conexión de 64 kbps no puede ser usado para otra llamada. Esto significa que la compañía telefónica no puede usar este ancho de banda para ningún otro propósito y debe mandar la cuenta de la conexión al consumidor por el uso de sus recursos.

Las redes de datos, por el otro lado, tienen la capacidad de usar el ancho de banda sólo cuando es requerido. Esta diferencia, a pesar de parecer pequeña, es una ventaja importante del establecimiento de una red basada en el empaquetamiento de la voz.

Hasta aquí se han manejado los conceptos de redes de paquetes y redes de conmutación de circuitos, por lo que para entender mejor estos conceptos se dará una explicación de estos términos.



## 1.1.4 Conmutación de Circuitos

Una red de conmutación de circuitos establece un circuito dedicado entre dos locaciones (terminales) durante el transcurso de una llamada, este circuito siempre estará dedicado a esas dos locaciones hasta que se desconecten las terminales.

La información, incluyendo silencios, pausas, son transmitidas de manera continua. Una llamada telefónica convencional es generalmente una red de conmutación de circuitos. Si la información es sensible a retardos, tal como en las aplicaciones de voz y video, una red de conmutación de circuitos es lo mejor.

Sin embargo, son redes caras dado que el equipamiento es dedicado únicamente para una llamada en particular.

La figura 1.3 muestra como con conmutación de circuitos se provee una conexión dedicada durante el transcurso de una llamada.

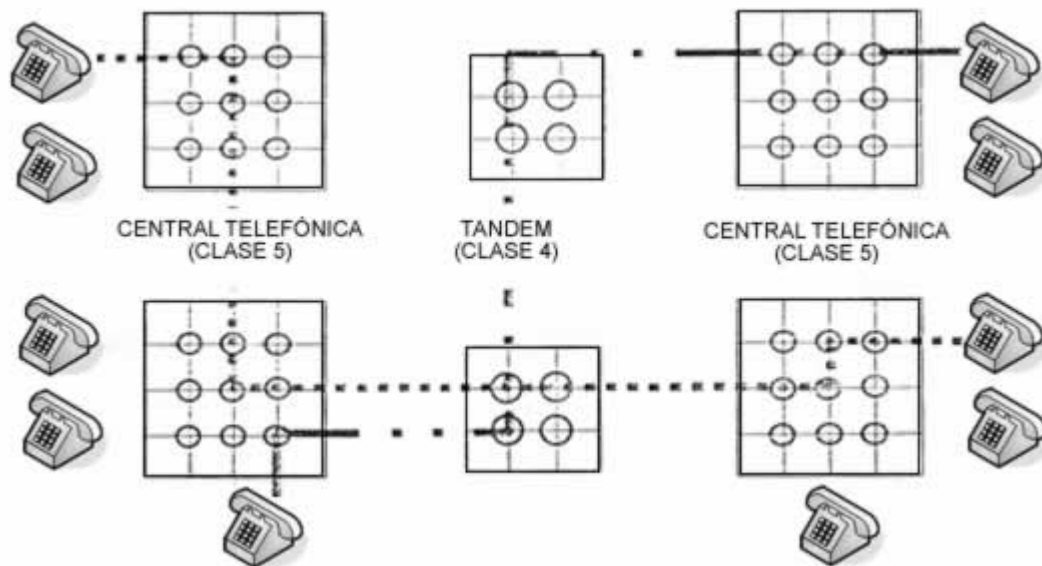


Figura 1.3 Conmutación de Circuitos<sup>2</sup>

## 1.1.5 Conmutación de Paquetes

Paquetes de datos de diversos tamaños son ruteados y retransmitidos en una red de conmutación de paquetes. Cada paquete de datos es transmitido separadamente sobre un circuito individual y reconstruido en un solo paquete de información en el destinatario. Cada circuito es usado sólo para transmisión de paquetes de datos, y luego el circuito es liberado. Si una pausa o silencio ocurre durante la transmisión los circuitos no se utilizan. Cuando un paquete de datos empieza hacer transmitido nuevamente, se hará por otro circuito de transmisión.

En el destinatario, todos los paquetes con encabezados similares son agrupados y organizados para su entrega. Una red frame-relay WAN es una red de conmutación de paquetes, desde luego este tipo de tráfico puede soportar retardos y jitter<sup>1</sup>, y se pueden transmitir datos esporádicamente.

La telefonía tradicional maneja el concepto de conmutación de circuitos.

La figura 1.4 muestra como una red de paquetes envía información sobre la misma trayectoria.

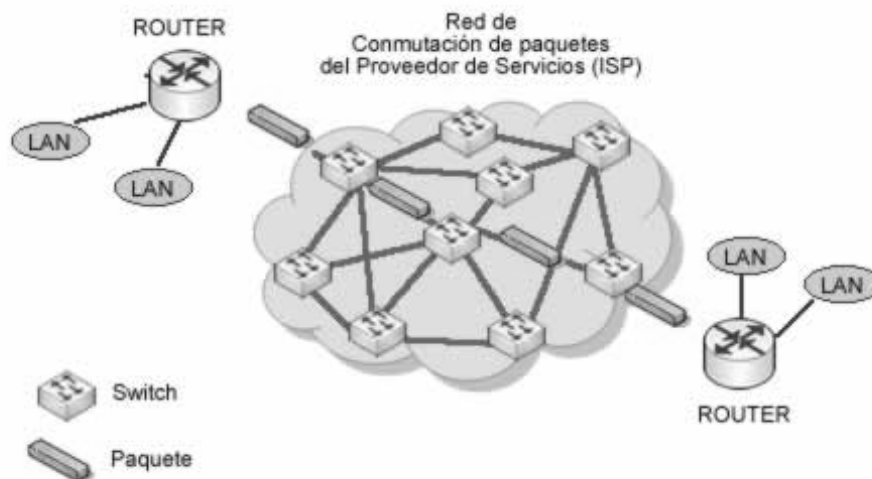


Figura 1.4 Conmutación paquetes<sup>2</sup>

<sup>1</sup> El jitter es la variación aleatoria de la latencia, es decir, del lapso necesario para que un paquete de información viaje desde la fuente hasta su destino. Estos cambios aleatorios son los que provocan que los paquetes lleguen en un orden distinto al que fueron emitidos.

## 1.1.6 Protocolo de Internet (IP)

El protocolo de internet (IP, por sus siglas en inglés *Internet Protocol*) es un protocolo no orientado a conexión, usado tanto por el origen como por el destino para la comunicación de datos a través de una red de paquetes conmutados.

Los datos en una red basada en IP son enviados en bloques conocidos como paquetes o datagramas (en el protocolo IP estos términos se suelen usarse indistintamente).

Un paquete de datos es una unidad fundamental de transporte de información en todas las redes de computadoras modernas.

Un paquete está generalmente compuesto de tres elementos: una *cabecera* (*header* en inglés) que contiene generalmente la información necesaria para trasladar el paquete desde el emisor hasta el receptor, el *área de datos* (*payload* en inglés) que contiene los datos que se desean trasladar, y la *cola* (*trailer* en inglés), que comúnmente incluye código de detección de errores.

En particular, en IP no se necesita ninguna configuración antes de que un equipo intente enviar paquetes a otro con el que no se había comunicado antes.

El Protocolo de Internet provee un servicio de datagramas no fiable (también llamado del *mejor esfuerzo* o *best effort*), en el cual se buscará que el paquete llegue lo mejor posible a su destino pero garantizando poco. IP no provee ningún mecanismo para determinar si un paquete alcanza o no su destino y únicamente proporciona seguridad (mediante *checksums* o sumas de comprobación) de sus cabeceras y no de los datos transmitidos. Por ejemplo, al no garantizar nada sobre la recepción del paquete, éste podría llegar dañado, en otro orden con respecto a otros paquetes, duplicado o simplemente no llegar. Si se necesita fiabilidad, esta es proporcionada por los protocolos de la capa de transporte, como TCP.

El protocolo IP, en términos generales:

- Opera al nivel de capa de RED
- Ofrece direccionamiento lógico de la red
- Ofrece selección dinámica de las rutas
- Opera sobre cualquier esquema de transmisión

Si la información a transmitir, *datagramas*, supera el tamaño máximo *negociado* en el tramo de red por el que va a circular podrá ser dividida en paquetes más pequeños, y reensamblada luego cuando sea necesario. Estos fragmentos podrán ir cada uno por un camino diferente dependiendo de como estén de congestionadas las rutas en cada momento.

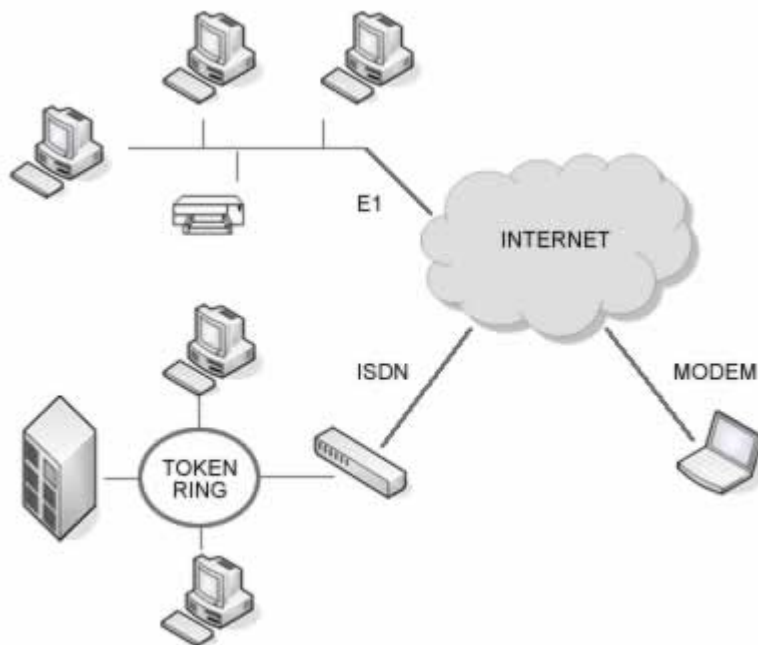
Las cabeceras IP contienen las direcciones de las máquinas de origen y destino (direcciones IP), direcciones que serán usadas por los conmutadores de paquetes (switches) y los enrutadores (routers) para decidir el tramo de red por el que reenviarán los paquetes.

El IP es el elemento común en la Internet de hoy, y quizás los aspectos más complejos de éste son el direccionamiento y el enrutamiento.

El direccionamiento se refiere a la forma como se asigna una dirección IP y como se dividen y se agrupan subredes de equipos.

El enrutamiento consiste en encontrar un camino que conecte una red con otra y aunque es llevado a cabo por todos los equipos, es realizado principalmente por enrutadores que no son más que computadores especializados en recibir y enviar paquetes por diferentes interfaces de red, así como proporcionar opciones de seguridad, redundancia de caminos y eficiencia en la utilización de los recursos.

En la figura 1.5 se observa un ejemplo de diferentes redes, donde todas ellas usan el protocolo IP.



*Figura 1.5* Diferentes redes físicas usan el mismo protocolo de comunicación IP, para conectarse cada una a su administrador de Internet<sup>4</sup>

## 1.2 Conmutación de Voz en una Red Corporativa

Básicamente el término corporación se refiere a una compañía, dependencia de gobierno, o cualquier organización que no es un carrier o proveedor de servicios. Al referirse a una red corporativa significa que la red está siendo utilizada para proporcionar servicios privados de comunicación de voz y datos para alguna corporación. Para dicho efecto, esta red comprende diferentes tipos de redes físicas, por ejemplo una red de voz basada en uno o varios PBX (Private Branch Exchange), una red (LAN, MAN, WAN) de datos con switches, routers y multiplexores para consolidar todo este tráfico en los mismos enlaces de transmisión entre distintos sitios reduciendo así los costos de operación y mejorando la resistencia a fallas.

La operación exitosa de las redes corporativas de hoy, las cuales en su mayoría integran los servicios de voz, datos y video; se traduce en el éxito del propio negocio de la empresa. Para nuestro caso particular de estudio, podemos decir que para el buen desempeño de los servicios de voz dentro de una red corporativa es importante entender como están integrados y las posibles fallas que pueden tener.

En lo que respecta a las redes de voz, la mayoría de los requerimientos actuales se enfocan a enlazar PBX en diferentes sitios, estos enlaces se llevan a cabo por interfaces digitales, excepto cuando se requiere un pequeño número de canales de voz, en cuyo caso es mejor utilizar interfaces analógicas. Existen diferentes tipos de interfaces para la conmutación de voz como son:

**Voz analógica:** 2 hilos/4 hilos con señalización E&M  
FXS  
FXO

**Voz digital:** 2.048 Mbits/s E1- 30 canales voz, CAS o CCS

### 1.2.1 *Redes Corporativas Existentes*

Las tecnologías que normalmente se utilizan para el transporte de voz (backbone) en una red corporativa incluyen TDM (Time Division Multiplexing), ATM (Asynchronous Transfer Mode), Frame Relay, y VoIP (Voz sobre IP):

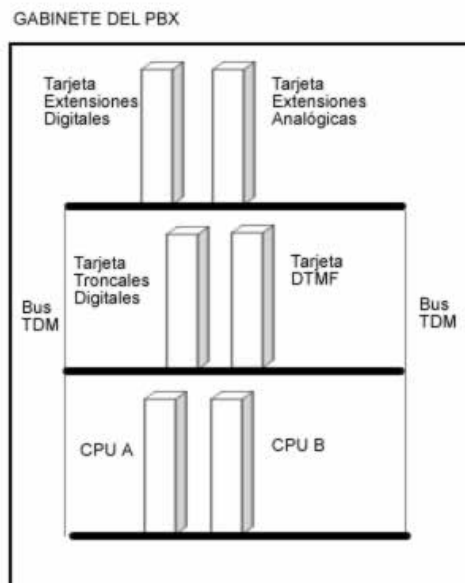
## Multiplexación por División de Tiempo (TDM)

TDM se desarrolló en los años 50 y 60, pero fue hasta los años 80 que se volvió popular debido a su capacidad para la interconexión de voz y datos de diferentes sitios. Las redes TDM soportan bien la voz además de que ofrecen un retardo muy bajo y predecible además de la compresión.

La mayor desventaja de TDM es que una vez que el ancho de banda es designado para un canal, continúa siendo designado sin importar si el canal es utilizado o no. Por esta razón es que se ha optado por otras tecnologías que superan esta desventaja tales como ATM y Frame Relay.

### Private Branch eXchange (PBX)

En un ambiente de telefonía corporativa, existe una metodología constante en cuanto a como funcionan las tecnologías de voz. Un PBX contiene un ambiente diseñado para proporcionar todas las características necesarias, las funcionalidades y conectividad requeridas dentro de un gabinete (o series de gabinetes). Dentro de los gabinetes de un PBX tradicional se encuentran tarjetas de extensiones, tarjetas de troncales, uno o dos CPUs, un ambiente de conmutación TDM, y varios conjuntos de tarjetas que generan tonos, timbrados, entre otros. Todo esto se muestra en la figura 1.6



*Figura 1.6 Interior conceptual de un PBX, incluye gabinetes, tarjetas de extensiones, tarjetas de troncales y CPUs <sup>16</sup>*

Como se ve en la figura anterior, el PBX comprende un ambiente TDM. Cada establecimiento de llamada es asignado un timeslot o ranura de tiempo, para la duración de la misma. Los teléfonos

se conectan a una tarjeta de extensiones en uno de los gabinetes del PBX. Esta tarjeta de extensiones puede ser analógica o digital dependiendo del tipo de teléfono. La tarjeta proporciona la conectividad de hardware entre el teléfono y el PBX.

Adicionalmente, troncales externas (enlaces) hacia la PSTN proporcionan conectividad externa para llamadas entrantes y salientes, estas troncales pueden ser también analógicas o digitales. Las tarjetas digitales generalmente son enlaces E1 o ISDN.

En la figura 1.6 se muestra un bus TDM que conecta las ranuras de las tarjetas dentro del gabinete; este bus es el que permite que la información viaje dentro del PBX.

## Modo de Transmisión Asíncrona (ATM)

ATM tiene la habilidad de manejar todo tipo de tráfico incluyendo voz, video y datos en una sola red, ofrece la naturaleza asíncrona de la conmutación de paquetes, donde los datos son enviados solamente cuando se necesitan.

ATM utiliza paquetes de longitud fija llamadas células, para el transporte de todo el tráfico sobre la red. El estándar ATM define una célula de 53 bytes con un encabezado de 5 bytes y un payload de 48 bytes. Esto proporciona un balance entre células más pequeñas para tráfico sensible al retardo como la voz o video, y entre células más grandes para tráfico tolerante al retardo como el tráfico de una LAN.

Al contrario de TDM, en ATM el ancho de banda total utilizado es la suma del ancho de banda instantáneo de todos los canales, cualquier ancho de banda extra está disponible para que lo use cualquier canal.

### Voz sobre ATM

Para transportar voz sobre ATM se requiere de un bloque de muestras de voz que se inserten en el payload de la célula de ATM antes de que ésta sea transmitida. Debido a la naturaleza de una red basada en células, existe un cierto retardo impuesto en las células transmitidas de un punto de la red a otro.

La supresión de silencios, también conocido como SAD (Speech Activity Detection) es una función muy importante en algunas redes de voz sobre ATM. Permite ahorrar ancho de banda al no transmitir células en periodos de silencio, este ahorro es significativo dado que en una conversación típica los silencios conforman el 60% del habla en cualquier dirección.

## Sincronización de los PBX en una red ATM

Al enlazar dos PBX utilizando interfaces digitales ya sea directamente, vía una red TDM o vía una red ATM, los PBX necesitan estar sincronizados unos con otros. Debido a su naturaleza, las redes ATM pueden o no operar de manera síncrona internamente y de hecho pueden no estar sincronizadas con los PBX enlazados; por lo tanto, se requiere un método para mantener la sincronización de punta a punta.

El método recomendado es derivar el tiempo para cada PBX en cada punta del enlace de una fuente primaria en común de referencia; otros métodos recomendados pero cuya descripción están fuera de los alcances de este trabajo son SRTS (Synchronous Residual Time Stamp) y ACM (Adaptive Clock Method).

## Frame Relay (FR)

Frame Relay es un estándar de comunicación que fue originalmente definido para su uso sobre ISDN (Integrated Services Digital Network), aunque ha tenido gran aceptación para el transporte de datos, tanto en redes públicas como privadas. Frame Relay opera al tomar información de una fuente y empaquetándola en tramas junto con unos cuantos bytes de encabezado.

Frame Relay es un protocolo orientado a conexión, se debe establecer una trayectoria en la red de un origen a un destino antes que las tramas sean transmitidas. También es un método muy eficiente de comunicación sobre un gran rango de velocidades de hasta un E3 (34.368 Mbits/s) y DS-3 (45.736 Mbits/s). Lo atractivo de Frame Relay es su habilidad de multiplexar estadísticamente el tráfico de diferentes fuentes, es decir, el ancho de banda en un enlace de frame relay sólo se utiliza por una fuente cuando ésta tiene tráfico que enviar, de lo contrario este ancho de banda está libre para que lo utilicen otras fuentes.

### Voz sobre Frame Relay

Como se mencionó anteriormente, el atractivo de Frame Relay es que puede multiplexar el tráfico, en el caso de las tramas de voz, esto no es una práctica muy buena debido a la aparición del retardo. A consecuencia de esto, a las tramas de voz se les da una prioridad alta que a las tramas que llevan otro tipo de datos.

Para reducir el ancho de banda utilizado, Frame Relay se presta para utilizar técnicas de supresión de silencios, las cuales resultan en un ahorro del 50% del ancho de banda de la red. Por otro lado, uno de los inconvenientes de Frame Relay para el transporte de voz, es el retardo que se mencionó párrafos atrás, para lo cual se recurre a técnicas de cancelación de eco.



## Voz sobre Protocolo de Internet (VoIP)

Definitivamente IP (Internet Protocol) se ha convertido en el estándar corporativo para el tráfico LAN y WAN, además de que es uno de los protocolos más flexibles de hoy en día.

Sin embargo, la completa descripción, funcionamiento y visión de esta tecnología es el tema principal de este trabajo, por ello se hablará más a detalle de ésta en los capítulos siguientes.

### 1.2.2 *Voz en la Red Corporativa*

Hoy en día, las empresas tienen la constante necesidad de proporcionar altos niveles de conectividad y una gran disponibilidad de ancho de banda para poder dispersarse geográficamente y cubrir las necesidades del negocio.

El esquema ideal de una red de voz corporativa, es que todos los PBXs deben de conectarse a dicha red, y que los mismos PBXs puedan establecer conexiones directas a cualquier otro PBX dentro de la misma red, es decir, la red debe de funcionar como un *tándem switch* o *switch* de clase 4 como se muestra en la figura 1.7.

Para que lo anterior se lleve a cabo, la red debe de interpretar la señalización proveniente del PBX, incluyendo información tal como el número llamado, y entonces, basada en esta información, efectuar decisiones de ruteo inteligente. Refiriéndose a la figura 1.7, si se quiere realizar una llamada del teléfono A al teléfono B, el PBX 1 rutea la llamada dentro de la red corporativa, la red inspecciona el número marcado y rutea la conexión al destino apropiado, en lugar de mandar la llamada a través de un *tandem switch*.

CAS (Channel Associated Signaling) o Señalización de Canal Asociado existe en muchas redes hoy en día. Los sistemas CAS transportan información de señalización de la troncal en la misma troncal. Estos sistemas fueron originalmente diseñados por diferentes fabricantes, por lo tanto existen muchas versiones o variantes. Sin embargo, dadas las necesidades de las redes de telecomunicaciones existentes, que requieren medios eficientes para la señalización, están migrando a sistemas de señalización común, tales como CCS.

CCS (Common Channel Signaling) o Señalización de Canal Común utiliza un enlace en común para transportar información de señalización para cierto número de troncales. Esta forma de señalización es más barata, tiene tiempos de conexión reducidos y es más flexible que CAS. La primera generación de CCS se conoció con el nombre de SS6; la segunda generación es SS7.

La conmutación de voz se puede llevar a cabo vía CAS o CCS, aunque se puede lograr más funcionalidad con CCS debido a la información adicional que puede ser transportada en el establecimiento de las llamadas, pero la red debe también soportar el manejo de protocolos específicos a utilizar, como ETSI, QSIG, etc.

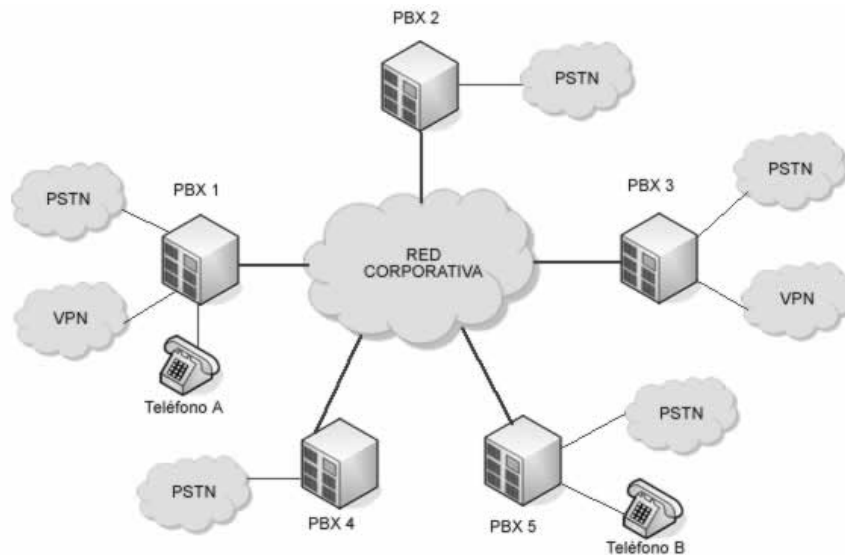


Figura 1.7 Conmutación de voz en una red corporativa <sup>2</sup>

La conmutación de voz en una red corporativa, conlleva a varios beneficios <sup>2</sup>:

- **Reducción en hardware de PBX.** La inversión en hardware de PBX y de backbone pueden ser reducidos si la capacidad de tránsito en la red es tomada por la red WAN (Wide Area Network). El número de interfaces digitales del PBX que son requeridas están basadas en volúmenes de tráfico en vez del número de PBX vecinos.
- **Mantenimiento de la calidad de voz de punto a punto.** Uno de los problemas en las redes de PBXs es la compresión de voz; el ancho de banda que puede ser ahorrado al comprimir la voz se ve desplazado por las dificultades que se presentan al tratar de mantener la calidad de la voz en una red de PBXs, donde cada llamada pasa por un proceso de compresión/descompresión cada vez que pasa en su ruta por un PBX. Por ello, dado que la red WAN actúa como un nodo tándem en una topología de estrella, solo se presenta un proceso de compresión/descompresión por llamada.

## LA TECNOLOGÍA VoIP

En este capítulo comenzaremos por entender la diferencia entre los términos: VoIP (Voz sobre IP) y ToIP (Telefonía IP), dado que muchas veces ambos se usan indistintamente.

La Voz sobre IP (VoIP) consiste básicamente en una conversión de la voz analógica a digital (paquetes IP) con la posibilidad de utilizar los teléfonos que actualmente posee un PBX, siendo su principal aplicación en enlaces WAN.

En tanto, la Telefonía IP (ToIP) es el teléfono que de forma directa convierte la voz analógica en digital y la paquetiza, lo que permite operar aplicaciones de valor añadido. Se refiere pues, a los desarrollos implementados en las oficinas de una compañía para comunicarse y transferir información.

Por lo que, la telefonía IP es la solución mientras que VoIP es la tecnología; de manera que se necesita VoIP para hacer telefonía IP. En la figura 2.1 podemos ver estas diferencias.

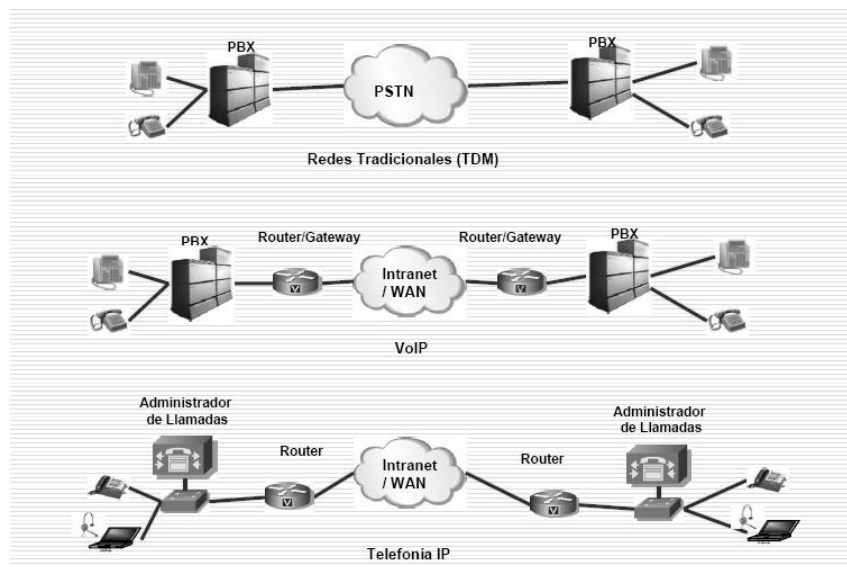


Figura 2.1 Evolución de redes telefónicas <sup>7</sup>

VoIP es un tipo de comunicación de voz persona a persona y en tiempo real, idéntico a la telefonía convencional, que se apoya en el Internet para hacerse más rápida, más clara y sobre todo más económica.

Algunas de las razones por las cuales este tipo de tecnología se apoya de Internet, es porque nos ofrece muchas ventajas dentro de las cuales podemos considerar:

- Internet es considerada la red de redes, pues es una serie de redes que conmutan y transmiten datos, que se envían en una secuencia de "paquetes", cada uno de los cuales contiene una cantidad de bites de información.
- El protocolo de Internet unifica todas las comunicaciones digitales.
- La vía que utiliza Internet no es dedicada como en la red telefónica y, por lo tanto, esta red utiliza cualquier vía que esté disponible.
- La Internet está diseñada para transmitir datos sobre toda una gama de medios de comunicación. Es por lo tanto, sumamente flexible. A Internet se puede acceder mediante la Red de Telefonía Pública Conmutada (PSTN) y par de cobre, utilizando un módem o mediante el acceso dedicado de banda ancha, ya sea por radio, fibra óptica, ADSL, HFC o cable coaxial.
- No hay nodo central. El prestador de servicios de Internet provee una conexión a la red troncal usando enrutadores relativamente simples que permiten conmutar (encaminar) cada paquete según la dirección destino.
- Utilizando las aplicaciones de la terminal del usuario (por ejemplo, la computadora) cualquier información puede convertirse en datos y enviarse como paquete sobre Internet, ya se trate de texto, información, voz, música, televisión, videoconferencias, comercio electrónico, etc.

Al convertirse en bites, la voz puede ser transmitida por Internet como paquetes de datos. Este es el principio básico de VoIP o Voz Sobre Protocolo Internet.

VoIP nos permite hacer llamadas telefónicas usando Internet. Este tipo de tecnología utiliza conexiones de banda ancha para su mejor desempeño. El uso de la banda ancha permite que la transmisión de datos sea mucho más veloz y más nítida que en una línea tradicional. Sin embargo, el beneficio más inmediato de todos sus usuarios, es el ahorro sustancial de dinero al realizar llamadas telefónicas.

Las redes VoIP sustituirán a los operadores telefónicos tradicionales y no sólo abarataran los servicios de voz tradicionales, sino que proporcionarán una gama mucho más amplia de servicios, dado que ofrecen la oportunidad de integrar la voz al conjunto de aplicaciones de protocolo de Internet.

Hay diferencias muy significativas entre Internet y la Red Telefónica Básica (RTB), siendo la más importante la diferente técnica de conmutación que utilizan: paquetes y circuitos,

respectivamente. Otra diferencia significativa es que Internet usa un enrutamiento dinámico basado en una dirección no geográfica, mientras que en la RTB el encaminamiento es estático y basado en una numeración asociada a una localización geográfica, el número telefónico. Por otro lado, Internet tiene una arquitectura descentralizada, lo que resulta en una mayor flexibilidad y permite un despliegue más rápido de las aplicaciones.

Un aspecto muy importante a destacar, que no tiene que ver con lo técnico, es la diferente regulación que afecta a una y otra red. Mientras que la RTB ha estado y sigue sujeta a una extensa regulación en todos los países, que inhibe la competencia real, Internet es una red abierta que la favorece y promueve, para facilitar la entrada en nuevos mercados.

Por otra parte, en muchos países las tarifas del servicio telefónico no corresponden con los costes del mismo, lo que hace que resulten excesivamente altas, sobre todo para las llamadas internacionales, lo que crea una gran oportunidad para los servicios de voz sobre IP, a través de Internet, al ser su coste muy inferior al no depender de la distancia y aplicarse tarifa local, o utilizando una red IP privada constituida a tal efecto.

Dado que Internet se soporta sobre una nueva infraestructura de red (no se basa en la red telefónica aunque hace cierto uso de parte de ella y la mayoría de los usuarios la acceden a través de ella), obliga a recalcular los costes del servicio, establecer una nueva manera de tasación acorde con los mismos, e implantar una regulación adecuada a la nueva modalidad; estos factores son de una importancia estratégica ya que rompen los moldes tradicionales sobre los que se han basado los monopolios de los operadores. Una infraestructura basada en routers y gateways, en la que la inteligencia se deja del lado de los terminales (PCs) es mucho más barata y económica de implantar y mantener -al menos en un factor de 1 a 10- que la tradicional red de conmutación telefónica en la que los terminales (teléfonos) son lo que se conoce como dispositivos *tontos*.

Internet se concibió como una red telefónica para interconectar ordenadores, pero puede que en el futuro sea una red de ordenadores para conectar teléfonos y proveer una verdadera telefonía. Esta afirmación quizá sea un poco aventurada, pero se ve avalada por ciertos estudios recientes que predicen que el tráfico de voz sobre Internet puede superar al de datos en el plazo de unos pocos años. De hecho, ya el volumen de tráfico total sobre Internet supera al de voz sobre las redes telefónicas.

## 2.1 Estructura de una red de VoIP

Cuando se quiere diseñar una red, es importante conocer tanto los inconvenientes como la filosofía en la cual se basa la tecnología de red.

Existen una serie de pasos que se recomienda seguir para la creación de redes de VoIP y así obtener los resultados deseados <sup>6</sup>:

1. **Verificar las estrategias tecnológicas y de negocios de la organización.** Asegurar que la convergencia de las redes de voz y datos y las aplicaciones vayan de la mano de la estrategia corporativa, para lograr una ventaja competitiva y eficiencia comercial.
2. **Evaluar la infraestructura de la organización para el despliegue de telefonía IP.** La voz posee requisitos estrictos concernientes a la pérdida de paquetes de información, demoras y jitter para asegurar que la recepción de la voz es de alta calidad. La red subyacente debe brindar confiabilidad y elasticidad garantizadas sustentadas por la Calidad de Servicio. Esta evaluación inicial identificará la demarcación técnica para el proyecto propuesto y mostrará qué cosas deben hacerse a fin de preparar la red para un despliegue exitoso de telefonía IP.
3. **Hacer un análisis detallado de la red.** Un análisis más detallado, con un inventario completo de la red existente y la identificación y evaluación de riesgos permitirá ganar visibilidad sobre la infraestructura de red y las capacidades técnicas y operativas. Este proceso ayudará a reducir riesgos de compra y operar sistemas redundantes (haciendo un mejor uso de los sistemas existentes), así como ver los costos reales de la operación.
4. **Desarrollar el caso de negocios para la VoIP.** En este punto hay que considerar qué tipo de retorno de la inversión espera la organización. Ver el impacto en gastos operativos y de capital. Así mismo, en este punto se debe establecer prioridades en la implementación de la telefonía IP.
5. **Desarrollo de un diseño detallado.** Se refiere a los requisitos de las aplicaciones, el soporte, las plataformas de prueba y entrenamiento, así como la configuración de los dispositivos.  
En aquellos sitios donde ya existen sistemas telefónicos, se necesitará poner en práctica una estrategia clara de migración/integración.
6. **Introducción de la telefonía IP dentro de la red.** En esta etapa se definen y acuerdan los procesos para el monitoreo y la gestión del proyecto para un nivel alto de interoperabilidad.
7. **Operación, revisión y optimización.** Una vez que el sistema de telefonía IP esté activo y operando plenamente es importante optimizar.

Para el diseño de la red también se tienen que tomar en cuenta los inconvenientes técnicos de la misma, dentro de los cuales se pueden mencionar:

- **Retardo/Latencia**

El *retardo* o la *latencia* es caracterizada como la cantidad de tiempo que le toma a la voz desde que sale de la boca del emisor hasta llegar al oído del receptor.

Esta es una de las consideraciones más importantes de diseño en la implementación de VoIP. La voz es tráfico en tiempo real; y si existe un retardo muy largo en la entrega de un paquete de voz, la conversación será inentendible.

Tres tipos de retraso son inherentes en las redes de telefonía actual: *retardo de propagación*, *retardo serial* y *el retardo de procesamiento*. El *retardo de propagación* es causado por la velocidad de la luz en redes de fibra óptica o cobre. El *retardo de procesamiento* se debe a diferentes causas (paquetización, compresión, y switcheo de paquetes) y es causado por los dispositivos que envían los paquetes de información a través de la red. El retardo de procesamiento es un gran inconveniente en ambientes de paquetización.

El *retardo serial* es la cantidad de tiempo que toma poner un bit o byte en la interfaz. Su influencia en el retardo total es mínima.

Una red basada en la conmutación de paquetes, como lo es VoIP, experimenta retardos por otras razones. Dos de ellas son por el tiempo necesario para trasladar el paquete actual a la salida (encaminamiento del paquete) y por el tiempo que la información tarda “en hacer fila”. Es decir, cuando los paquetes están retenidos en la fila a causa del congestionamiento de una interfaz de salida, el resultado será un “retardo de fila”. Un retardo de fila, ocurre cuando más paquetes de los que la interfaz puede manejar son enviados a ella al mismo tiempo.

El hecho de esperar para salir de la misma fila, es la otra causa de retardo. Este tiempo de espera se puede mantener menor a 10 ms si se usan métodos de almacenamiento que optimicen la red.

La Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU-T) en su estándar G.114 especifica que para una buena calidad de voz, un retardo fin-a-fin (es decir, desde el principio de la trayectoria – emisor- hasta el final de la misma – receptor) no deberá ser mayor a 150 ms, esto solo en un sentido de comunicación.

- **Jitter**

Otra característica que hay que considerar al diseñar una red es el jitter.

Jitter es la variación del tiempo de arribo de los paquetes. El jitter es uno de los inconvenientes que presentan sólo las redes de conmutación de paquetes. Mientras, que en la red de paquetes,

el emisor está esperando confiadamente transmitir los paquetes de voz en un intervalo regular (por ejemplo, enviar un frame cada 20 ms). Estos paquetes de voz pueden ser retrasados a través de la red de paquetes y no llegar con el mismo intervalo regular a la estación receptora (por ejemplo, ellos no son recibidos cada 20 ms). Esta diferencia entre el tiempo en que los paquetes son esperados y el tiempo en que realmente son recibidos, se le conoce como jitter.

Ésta es la razón por la cual un *jitter buffer* es necesario, con él se “encubre” la variación en el retraso de la recepción de los paquetes de información.

Es importante notar que el jitter y el retardo total no son la misma cosa, aunque tener un abundante jitter en la red de paquetes puede incrementar la cantidad de retardo total en la red. Esto se debe a que a mayor jitter, el jitter buffer necesitará mayor tiempo para compensar la naturaleza impredecible de la red.

Si la red de datos está bien diseñada y se toman las precauciones necesarias, el jitter usualmente no es un problema mayor, y el jitter buffer no contribuye significativamente al tiempo de retardo total en toda la red.

- **Eco**

El eco en una conversación telefónica puede ir desde una leve molestia hasta lo intolerable, haciendo una conversación inentendible.

En una red telefónica tradicional, el eco es normalmente causado por un mal acoplamiento de impedancias del switch de 4 hilos al local loop de 2 hilos. Las redes telefónicas en aquellas partes del mundo donde la voz analógica es principalmente usada, emplea supresores de eco los cuales eliminan el eco encapsulando la impedancia en un circuito. Éste no es el mejor mecanismo para eliminar el eco y, en efecto, causa otros problemas, por ejemplo, no se puede implementar una red ISDN (Integrated Services Digital Network), porque el supresor de eco corta o elimina el rango de frecuencias que usa ISDN.

Hoy en día, en las redes de paquetes se puede construir un cancelador de eco dentro de los codecs (codificadores/decodificadores) de baja transferencia y operarlos en cada DSP (Digital Signal Processor). En algunas otras implementaciones, la cancelación del eco es hecha por software.

Es importante configurar apropiadamente la cantidad de eco que se desee cancelar cuando se instale inicialmente el equipo de VoIP. Si no se configura una suficiente cancelación de eco, los emisores oirán eco durante la llamada telefónica. Por el contrario, si se configura una excesiva cancelación de eco, le tomará más tiempo al cancelador de eco converger y eliminar el eco.



- **Pérdidas de paquetes**

La pérdida de paquetes en una red de datos es algo común y esperado. Cuando información crítica e importante es transportada en una red de datos, es necesario controlar la cantidad de paquetes que se pierden en la red.

Al poner voz sobre una red de datos, es preciso construir una red que pueda transportar satisfactoriamente voz, de manera confiable y oportuna. También, es provechoso cuando se puede usar un mecanismo que haga la voz algo resistente a la pérdida periódica de paquetes.

El estándar G.729 define una tolerancia de hasta el 5% como pérdida promedio de paquetes durante una llamada entera.

Estos y otros inconvenientes son con los que actualmente VoIP se está enfrentando y con los cuales las empresas tendrán que luchar al momento de desarrollar el equipo necesario para esta tecnología. La finalidad de considerar estos inconvenientes es proporcionar una buena calidad de servicio.

### ***2.1.1 Tipo de Redes***

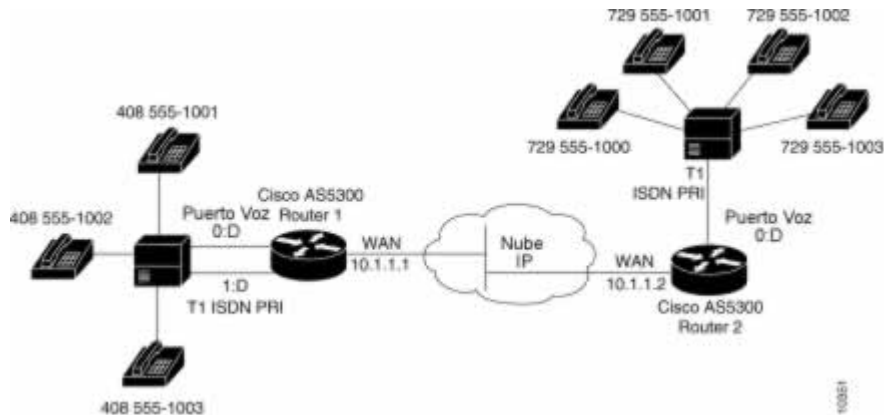
Después de haber constatado que desde un PC con elementos multimedia, es posible realizar llamadas telefónicas a través de Internet, podemos pensar que la telefonía IP es poco más que un juguete, pues la calidad de voz que obtenemos a través de Internet es muy pobre. No obstante, si en una empresa disponemos de una red de datos que tenga un ancho de banda bastante grande, también podemos pensar en la utilización de esta red para el tráfico de voz entre las distintas delegaciones de la empresa. Las ventajas que obtendríamos al utilizar esta red para transmitir tanto la voz como los datos son evidentes.

- Ahorro de costes de comunicaciones, pues las llamadas entre las distintas delegaciones de la empresa saldrían gratis.
- Integración de servicios y unificación de estructura.

Realmente la integración de la voz y los datos en una misma red es una idea antigua, pues desde hace tiempo han surgido soluciones desde distintos fabricantes que, mediante el uso de multiplexores, permiten utilizar las redes WAN de datos de las empresas (típicamente conexiones punto a punto y frame-relay) para la transmisión del tráfico de voz. La falta de estándares, así

como el largo plazo de amortización de este tipo de soluciones no ha permitido una amplia implantación de las mismas.

En la figura 2.2 se muestra un ejemplo de red VoIP.



*Figura 2.2. Ejemplo de una red con conexión de centrales a routers CISCO que disponen de soporte VoIP<sup>3</sup>*

La red básica consta de tres redes interrelacionadas, que son:

1. La Red de Telefonía Pública Conmutada, con líneas dedicadas, centrales de conmutación telefónica, el nodo telefónico como núcleo de la red y un sistema universal de numeración. Estos componentes desaparecerán como tales en la evolución tecnológica.
2. La segunda red es la Inalámbrica, encabezada por la telefonía celular, WiFi y WiMax. En el caso de la telefonía celular de tercera generación tenemos como características el uso de ancho de banda dinámico, el soporte tanto de conmutación por paquetes como por circuitos, diferentes servicios simultáneos en una sola conexión y una calidad de voz como en la red fija.
3. La tercera red es INTERNET. La red que conmuta y transmite datos en secuencia de paquetes. El sistema de "numeración" es alfanumérico, para nombres de dominio y direcciones IP. La vía no es dedicada, por lo que, utiliza cualquiera que esté disponible.

En el caso de la red IP, está se subdivide en tres diferentes tipos:

- **Internet.** El estado actual de la red no permite un uso profesional para el tráfico de voz.
- **Red IP pública.** Los operadores ofrecen a las empresas la conectividad necesaria para interconectar sus redes de área local en lo que al tráfico IP se refiere. Se puede considerar como algo similar a Internet, pero con una mayor calidad de servicio y con

importantes mejoras en seguridad. Hay operadores que incluso ofrecen garantías de bajo retardo y/o ancho de banda, lo que las hace muy interesantes para el tráfico de voz.

- **Intranet.** La red IP implementada por la propia empresa. Suele constar de varias redes LAN (Ethernet conmutada, ATM, etc.) que se interconectan mediante redes WAN tipo Frame-Relay/ATM, líneas punto a punto, ISDN para el acceso remoto, etc. En este caso la empresa tiene bajo su control prácticamente todos los parámetros de la red, por lo que resulta ideal para su uso en el transporte de la voz.

## 2.1.2 Componentes de una red VoIP

A grandes rasgos podríamos considerar que son cuatro los componentes principales de una red de telefonía IP.

1. **Gateways VoIP:** son los puntos finales que conecta la PTSN y la red IP; responsable de la transformación del CODEC para convertir la voz a paquetes IP para el transporte de la voz en la red IP.
2. **Gatekeeper:** emula la red de telefonía tradicional en cuanto a señalización y manejo de la llamada, reportando disponibilidad de la red.
3. **Terminales IP:** puntos finales de la telefonía que conectan directamente con la red IP.
4. **Aplicaciones telefónicas:** permite a IP ofrecer servicios de calidad en el ambiente tradicional de PBX.

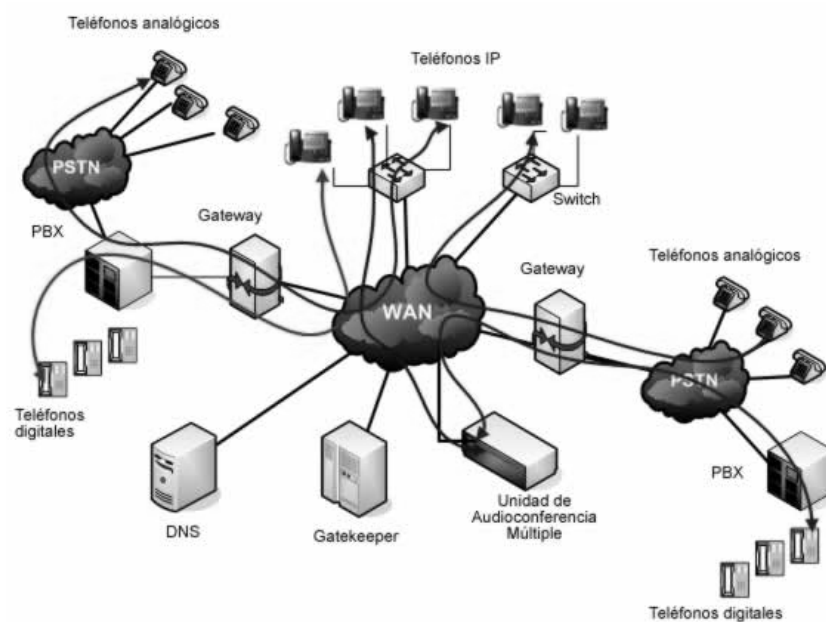
En el sistema de telefonía sobre IP de clase carrier se maneja una arquitectura abierta de tres niveles: gateways, gatekeepers y servidores de backend interconectados mediante protocolos abiertos basados en normas.

Actualmente, algunos de los componentes principales disponibles en el mercado, que abarca el modelo de VoIP son:

- Teléfonos IP
- Adaptadores para PC
- Hubs Telefónicos
- Gateways

- Gatekeeper
- Unidades de audioconferencia múltiple. (MCU Voz)
- Servicios de Directorio

En la figura 2.3 se puede observar la interconexión de algunos de los dispositivos de VoIP.



*Figura 2.3 Elementos de una red VoIP*

Las funciones de los distintos elementos se pueden deducir en la figura 2.3, sin embargo es conveniente aclarar las funciones de algunos de estos elementos.

Las unidades de audioconferencia múltiple (MCU Voz) se utiliza cuando han de intervenir más de dos partes en una conferencia. La MCU (Multimedia Conference Unit) es responsable de controlar las sesiones y de efectuar el mezclado de los flujos de audio, datos y video.

El Gatekeeper es un elemento opcional en la red, pero cuando está presente, todos los demás elementos que contacten dicha red deben hacer uso de aquel. Su función es la de gestión y control de los recursos de la red, de manera que no se produzcan situaciones de saturación de la misma.

El Gatekeeper es un punto central de control en una red H.323, proporcionando servicios de control de llamada, traducción de direcciones y control de admisión. Además facilita el control del ancho de banda utilizado y localiza los distintos gateways y MCU's cuando se necesitan.

El Gatekeeper H.323, está siempre presente para controlar las llamadas en la Intranet Pública (o red corporativa). Todos los elementos de red (terminales, gateways, MCU) tienen que usar el gatekeeper como punto intermedio para la señalización. De esta forma se tiene un control de los accesos, seguridad, movilidad del usuario, y tarificación si se da el caso.

El Gateway es un elemento esencial en la mayoría de las redes pues su misión es la de enlazar la red VoIP con la red telefónica analógica o ISDN. Podemos considerar al Gateway como una caja que por un lado tiene una interfaz LAN y por el otro dispone de una o varias de las siguientes interfaces:

- FXO. Para conexión a extensiones de centrales o a la red telefónica básica.
- FXS. Para conexión a enlaces de centrales o a teléfonos analógicos.
- E&M. Para conexión específica a centrales.
- BRI. Acceso básico ISDN (2B+D)
- PRI. Acceso primario ISDN (30B+D)
- G.703/G.704. (E&M digital) Conexión específica a centrales a 2 Mbps.

Por lo que el Gateway de VoIP es el componente clave de una solución de voz sobre IP, al facilitar la conversión de las llamadas telefónicas convencionales al mundo de IP. Normalmente, tienen interfaces analógicas o digitales a la red telefónica, y disponen de interfaces Ethernet, Frame Relay o ATM hacia la red IP.

Los gateways de VoIP proveen un acceso ininterrumpido a la red IP. Las llamadas de voz se digitalizan, codifican, comprimen y paquetizan en un gateway de origen y luego, se descomprimen, decodifican y rearman en el gateway destino. Los gateways se interconectan con la PSTN según corresponda, a fin de asegurar que la solución sea ubicua.

El procesamiento que realiza el gateway de la cadena de audio que atraviesa una red IP es transparente para los usuarios. Desde el punto de vista de la persona que llama, la experiencia es muy parecida a utilizar una tarjeta de llamada telefónica. La persona que realiza la llamada ingresa a un gateway por medio de un teléfono convencional discando un número de acceso. Una vez que fue autenticada, la persona disca el número deseado y oye los tonos de llamada habituales hasta que alguien responde del otro lado. Tanto quien llama como quien responde se sienten como en una llamada telefónica "típica".

El Gateway H.323/H.320, básicamente realiza la conversión entre estos dos formatos de forma que las terminales H.323 se pueden comunicar con equipos ISDN de videoconferencia, que pueden formar parte de la red corporativa o estar situados en la red pública.

El Gateway H.323/RTB (Voz sobre IP), posibilitan las comunicaciones de voz entre las terminales H.323 y los teléfonos convencionales que estén en la red corporativa o en la red pública.

Los distintos elementos pueden residir en plataformas físicas separada, o nos podemos encontrar con varios elementos conviviendo en la misma plataforma. De este modo es bastante habitual encontrar juntos gatekeeper y gateway.

Los gateways se conectan con los gatekeepers de VoIP mediante enlaces estándar H.323v2, utilizando el protocolo RAS H.225. Los gatekeepers actúan como controladores del sistema y cumplen con el segundo nivel de funciones esenciales en el sistema de VoIP de clase carrier, es decir, autenticación, enrutamiento del servidor de directorios, contabilidad de llamadas y determinación de tarifas. Los gatekeepers utilizan la interfaz estándar de la industria ODBC-32 (Open Data Base Connectivity – Conectividad abierta de bases de datos) para acceder a los servidores de backend en el centro de cómputo del carrier y así autenticar a las personas que llaman como abonados válidos al servicio, optimizar la selección del gateway destino y sus alternativas, hacer un seguimiento y una actualización de los registros de llamadas y la información de facturación, y guardar detalles del plan de facturación de la persona que efectúa la llamada.

El tercer nivel de la arquitectura de VoIP de clase carrier corresponde a la serie de aplicaciones de backoffice que constituyen el corazón del sistema operativo de un proveedor de servicios. Las bases de datos inteligentes y redundantes almacenan información crítica que intercambian con los gatekeepers durante las fases de inicio y terminación de las llamadas.

En el entorno de una oficina central, resulta vital preservar la integridad de los datos de las bases de datos de backend. Este nivel de la arquitectura fue optimizado a fin de responder a las necesidades exclusivas de seguridad y disponibilidad de los proveedores de servicios. Para implementaciones a menor escala, el sistema ofrece flexibilidad para consolidar las bases de datos en un solo servidor robusto o en la plataforma de un gatekeeper.

## 2.2 Redes de telefonía IP

El concepto de VoIP va más allá de utilizar la red IP como transporte. Para muchos corporativos no basta poner el tráfico de voz sobre la red IP, sino también colocar los clientes de voz, es decir, los mismos teléfonos y nuevas aplicaciones de voz sobre esa misma red. Este acercamiento, aunque técnicamente es todavía VoIP, comúnmente se le llama Telefonía IP o IPT (IP Telephony), es decir, implementar una solución de telefonía completa, que incluye desde los teléfonos, componentes, aplicaciones, todo esto por extensión y por usuario, todo dentro de la misma red IP.

La telefonía IP, toma la premisa de la integración de voz y datos hasta su natural, aunque muy esperada conclusión: nuevos clientes de voz (teléfonos, dispositivos inalámbricos y software de escritorio) que en su forma básica, están diseñados para servir de interfaz e interactuar con una red IP, obedeciendo las reglas de dicha red, utilizando sus protocolos, administrado por sus recursos, y lo más importante, acceder a las miles de aplicaciones que pueden existir en la red.

VoIP coloca el tráfico de voz sobre la red IP y, la telefonía IP coloca clientes de voz, aplicaciones y tráfico de voz sobre la red IP, proporcionando así propuestas de valor agregado.

En vez de desarrollar aplicaciones basadas en estándares propietarios, la telefonía IP permite desarrollar aplicaciones utilizando estándares, lenguajes y protocolos de la industria, los cuales son ampliamente utilizados.

La telefonía IP es más que solo reducir las operaciones de altas-bajas y cambios en una red corporativa, más que en reducciones o simplificaciones en el cableado, su trascendencia ha reducido costos de mantenimiento. Sin embargo, para poder apreciar el verdadero potencial de la telefonía IP, los teléfonos deben de verse como nuevos clientes.

### ***2.2.1 El ambiente de Telefonía IP (IPT)***

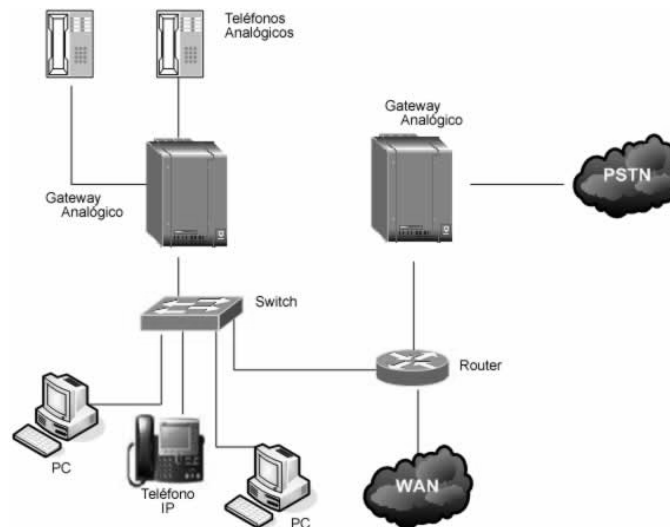
Todo el ambiente de conectividad de un PBX se replica de forma similar y precisa en el ambiente de telefonía IP. Cada uno de los puntos de conectividad en un PBX, llámese tarjetas de troncales y extensiones analógicas y digitales, los CPUs, las tarjetas manejadoras de canal, entre otros, se replican en una red de telefonía IP, utilizando componentes específicos de red.

En la figura 2.4, se muestra la conectividad de los teléfonos IP en la red IP, el switch sería en éste ambiente la tarjeta de extensiones para conectar el teléfono, la funcionalidad para acceder a la PSTN a través de troncales analógicas o digitales en este caso es un gateway, que actúa como un puente entre la red IP y la PSTN.



*Figura 2.4 Conectividad del teléfono IP en la red <sup>16</sup>*

En el ambiente estándar de VoIP, los gateways proporcionan la conectividad necesaria entre el PBX y la red IP para aplicaciones de toll by-pass; pero en el ambiente de telefonía IP los gateways juegan múltiples roles, pues estos pueden proporcionar ya sea conectividad para extensiones (para conectar dispositivos analógicos como teléfonos, faxes, módems) o conectividad para troncales hacia la red pública. Los gateways pueden ser analógicos o digitales, que generalmente son tarjetas que se insertan en algún switch o router. Un gateway en cambio, aún si es instalado en un router, meramente proporciona una interfaz del ambiente de telefonía IP al ambiente TDM, y viceversa. Un gateway también puede ser instalado como un solo componente, un gabinete con múltiples tarjetas, como se muestra en la figura 2.5, las opciones de conectividad funcional para gateways de telefonía IP, en esta imagen, un gateway analógico conecta teléfonos analógicos en la red IP a través del switch.



*Figura 2.5 Opciones de conectividad para Gateways de telefonía IP <sup>16</sup>*



La figura 2.5 muestra como el gateway está incorporado al switch y al router. En este caso, un gateway analógico, que conecta teléfonos analógicos a la red, está integrado dentro del switch, mientras que el gateway digital, que proporciona conectividad a la red pública, está dentro del router, esta implementación, es generalmente la que ofrece mayor costo beneficio dado que los gateways están dentro de los elementos de la red.



*Figura 2.6 Gateways analógicos y digitales integrados dentro de la infraestructura IP<sup>16</sup>*

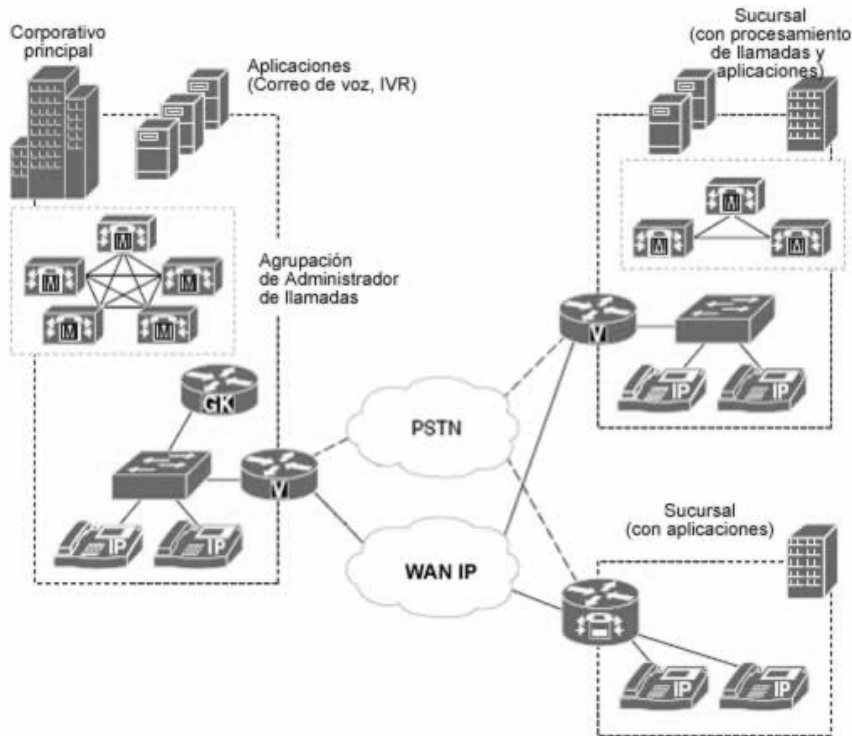
Así, todo el modelo del funcionamiento del PBX es replicado en el ambiente de telefonía IP; las tarjetas de extensiones son puertos del switch en la red IP, las tarjetas de troncales son puertos en el gateway.

## ***2.2.2 La arquitectura de la Telefonía IP (IPT)***

Una solución de telefonía IP, utiliza la red IP para extender todas las facilidades de voz a través de la red corporativa. El manejo de las llamadas de un punto a otro de las sucursales de una corporación es inherentemente dentro de la telefonía IP, por lo tanto, no se necesitan protocolos especiales. La implementación transparente de nuevos usuarios y nuevos clientes a través de la red corporativa es diseñada dentro del ambiente de la telefonía IP.

La figura 2.7 muestra la noción de la telefonía IP, se tiene un servidor centralizado para las llamadas que proporciona las características y funcionalidades telefónicas de un PBX para todas

los sitios de la red. En este caso, no es necesario replicar estos servidores en cada sitio, pues se tiene la ventaja de contar con administración centralizada.



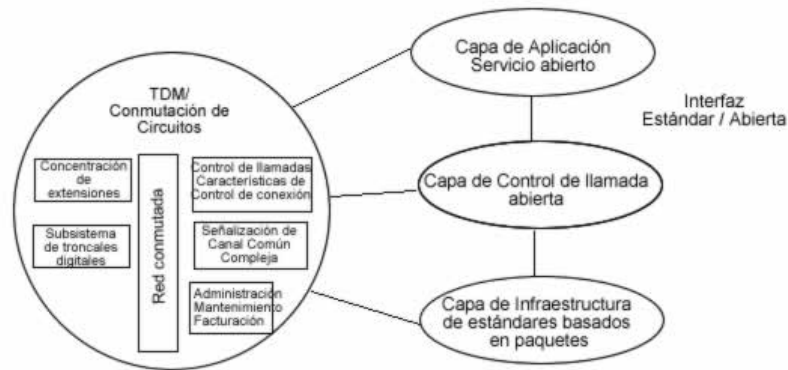
*Figura 2.7 Gateways analógicos y digitales integrados dentro de la infraestructura IP<sup>2</sup>*

La bondad de la telefonía IP es que puede proporcionar de manera efectiva, la convergencia de facilidades de voz y datos, servicios y aplicaciones a lo largo de la red corporativa, ya sea que la empresa esté en un solo lugar o en múltiples lugares.

## 2.3 Señalización para telefonía sobre IP

El sistema de VoIP de clase carrier está basado en normas y acepta protocolos internacionales entre los que se incluyen las especificaciones ITU T.120 y H.323v2. Además, el sistema utiliza la codificación de voz G.711, G.723.1 y G.729a para garantizar la compatibilidad con los sistemas de telefonía mundiales.

En la figura 2.8 se muestra como el modelo de conmutación de circuitos está conduciendo a un nuevo modelo en el cual estándares abiertos existen entre las tres capas. La infraestructura de paquetes transportará la voz en tiempo real (medio), la capa de control de llamada será separada de la capa de los medios y aplicaciones de interfaces de programación (APIs – Application Programming Interfaces) abiertas permitirán nuevos servicios para ser creados por vendedores independientes de software (ISVs).



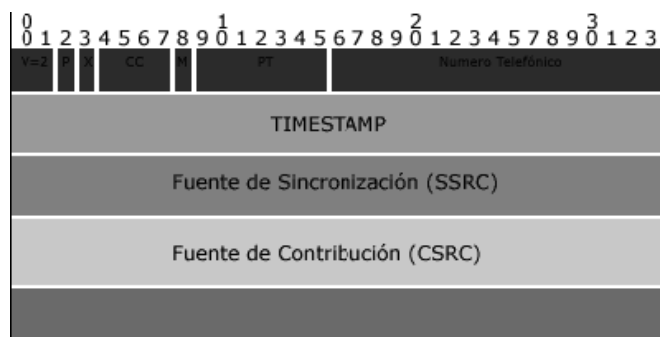
*Figura 2.8 Representación gráfica simplificada de lo que actualmente está pasando<sup>3</sup>*

La infraestructura de paquetes reemplaza la infraestructura de conmutación de circuitos en este nuevo modelo. Esta infraestructura, como se ha visto, muy probablemente será con IP, aunque este modelo también trabaja si ATM es el transporte subyacente e IP se usa al inicio. IP es muy atractivo como infraestructura de paquetes por su naturaleza ubicua y por el hecho que es, en sí, una interfase de aplicación. Esto significa que aplicaciones de software corriendo sobre IP no tienen que ser conocidas, IP simplemente transporta los datos de principio a fin, sin un interés real en el contenido de la carga (información).

Dos tipos principales de tráfico corren sobre IP: Protocolo de Datagramas de Usuario (UDP - User Datagram Protocol) y Protocolo de Control de Transmisión (TCP – Transmisión Control Protocol). En general, TCP se usa cuando se tiene la necesidad de una conexión confiable y UDP se usa cuando se necesita simplicidad y la confiabilidad no es la principal preocupación.

Debido a la natural sensibilidad del tráfico de voz, UDP/IP fue la elección lógica para transportar voz. Para tráfico en tiempo real o tráfico sensible al retardo, la IETF (Internet Engineering Task Force) adoptó el Protocolo de Transporte en Tiempo Real – RTP, por sus siglas en inglés. Los paquetes de VoIP se encuentran en el protocolo RTP. VoIP no usa el protocolo de TCP, porque es demasiado pesado para las aplicaciones de tiempo real así es que por eso se usó el datagrama de UDP. Por lo que VoIP es transportado con un encabezado RTP/UDP/IP.

En la figura 2.9 se muestra el datagrama que utiliza el Protocolo de Transporte en Tiempo Real.



**Figura 2.9** -Datagrama de RTP. Donde V indica la versión del RTP que se usa; P el BIT de paridad; X indica la presencia de la extensión del encabezado; el campo CC es el número de identificadores CSRC que siguen al encabezado. El campo CSRC se usa por ejemplo cuando hay conferencia; M indica un BIT para Marcar

El datagrama de UDP no tiene el control sobre el orden en el cual los paquetes son recibidos o de cuanto tiempo toma para llegar ahí. Cualquiera de estos dos puntos son bastante importantes para la calidad (que tan clara se escucha la voz de la otra persona) y la calidad de la conversación (que tan fácil es llevar una conversación), por lo que RTP resuelve este problema permitiendo que el receptor ponga los paquetes en el orden correcto y que no se tarde con los paquetes que hayan perdido el camino o se tarden mucho en ser recibidos.

Hasta la fecha, todos los protocolos de señalización de VoIP utilizan RTP/UDP/IP como su mecanismo de transporte para el tráfico de voz.

Por lo tanto, se puede usar IP en conjunción con UDP y RTP para reemplazar un circuito de voz de 64 kbps.

Los estándares abiertos entre las diferentes capas que se muestran en la figura 2.8 son provistos por protocolos tales como H.323, SGCP, MGCP, SIP, y algunos más, los cuales tienen definidos interfaces abiertas y son ampliamente desplegadas en una infraestructura de paquetes. Uno de los trabajos de los protocolos de control de llamada es decirle a los flujos de paquetes (RTP streams) donde terminar y donde empezar. El control de llamada logra la tarea de traducir la información entre las direcciones IP y el plan de numeración telefónica.

El control de llamada es el proceso de realizar una decisión de ruteo (encaminamiento) acerca de donde una llamada necesita ir y de alguna manera hacer que la llamada ocurra. En la red telefónica actual (PSTN), esas decisiones son transportadas por el protocolo SS7 y son hechas en los puntos de servicio de control (SCPs – por sus siglas en inglés).

En este nuevo modelo, donde la información (bearers o RTP streams) son separados de la capa de control de llamada y donde se separa la capa de control de llamada de los servicios, es necesario asegurarse que protocolos estándar sean utilizados. La red de datos es única en el

hecho de que múltiples protocolos pueden co-existir en una red y se pueden ajustar todos ellos en una necesidad particular de la red.

Diferentes protocolos de ruteo IP existen, por ejemplo, y cada uno es específicamente diseñado para un cierto tipo de red. Algunos de ellos incluyen RIP (Router Information Protocol), IGRP (Interior Gateway Routing Protocol), EIGRP (Enhanced Interior Gateway Routing Protocol), IS-IS (Intermediary System to Intermediary System), OSPF (Open Shortest Path First), etc. Cada protocolo resuelve un problema similar, cada problema de ruteo es levemente diferente; sin embargo, y requieren de una herramienta diferente. En este caso, la herramienta es un protocolo de enrutamiento.

Lo mismo se puede decir de los protocolos de control de llamada de VoIP. Todos ellos resuelven un problema similar – traducen los números telefónicos tradicionales a direcciones IP; no obstante, pueden ser usados con algunos propósitos un tanto cuanto diferentes.

Por ejemplo, actualmente H.323 es el protocolo de llamada de control de VoIP más ampliamente desplegado. Sin embargo, H.323 no se ve como un protocolo que sea lo suficientemente robusto para la redes PSTN. Para estas redes, otros protocolos tales como MGCP (Media Gateway Control Protocol) y SIP (Session Initiation Protocol) están siendo desarrollados.

Cada protocolo es desarrollado para arreglar determinado problema y servir con un propósito particular.

Los principales protocolos de control de llamada de VoIP son H.323, SGCP (Simple Gateway Control Protocol), IPDC (Internet Protocol Device Control), MGCP, SIP, y MEGACO.

Los protocolos de señalización inician y controlan las comunicaciones. El tipo de protocolo y tecnología involucrada para soportar esto, depende del tipo de comunicaciones y aplicaciones que se maneja, tal como voz, video o datos.

### **2.3.1 H.323**

Actualmente, las redes desplegadas para la transmisión de voz sobre IP son en su mayor parte propietarias, utilizando mecanismos de señalización, control y codificación de la voz, propios de los proveedores, y con muy poca o sin ninguna interoperabilidad entre ellas. La norma H.323 de ITU viene a poner luz sobre este tema y es, a partir de ahora, prácticamente de obligado cumplimiento para los proveedores.

H.323 es una recomendación de la ITU-T, el cual cuenta con la base instalada más larga, simplemente porque no había otra elección antes del protocolo H.323.

H.323 especifica como el tráfico multimedia debe ser transportado sobre redes de paquetes. H.323 utiliza estándares existentes (Q.931, por ejemplo) para lograr sus metas. El tráfico de voz es sólo una de las aplicaciones de H.323. La mayor parte del trabajo inicial de esta área se centró en aplicaciones multimedia, compartiendo video y datos.

Las aplicaciones escalables con H.323 requerirán un trabajo significativo; por ejemplo, para lograr una transferencia de llamada se requiere una especificación aparte (H.450.2). Ver figura 2.10.

H.323 es la base de VoIP. Su propósito es dirigir la señalización, el control y transporte de llamadas y multimedia, así como el ancho de banda para conferencias punto a punto y multipunto.

SGCP y MGCP, por otro lado, puede lograr una transferencia de llamada con un simple comando, conocido como modificador de conexión (MDCX) al gateway o al punto final.

Por lo que, la norma H.323 es muy compleja al integrar no sólo voz sobre IP, sino también comunicaciones multimedia. La presencia de un gatekeeper como elemento centralizado de control de la red es uno de los aspectos fundamentales de la norma.

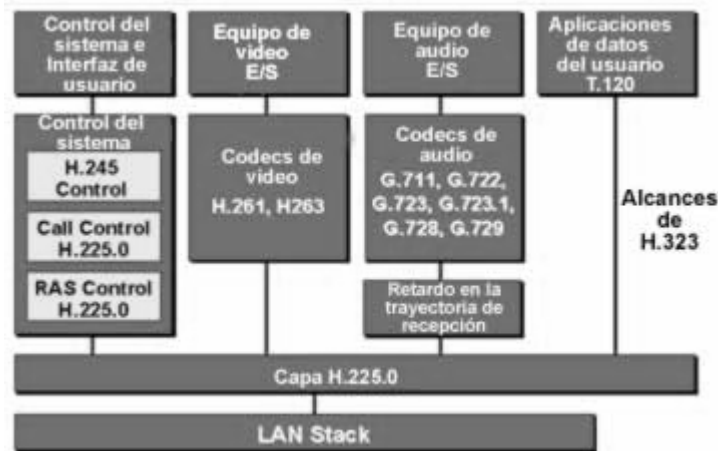


Figura 2.10 Normas adicionales incluidas en H.323

Debido a la ya existencia del estándar H.323 de la ITU-T, que cubría la mayor parte de las necesidades para la integración de la voz, se decidió que el H.323 fuera la base de VoIP. De este modo, VoIP debe considerarse como una clarificación del H.323, de tal forma que en caso de conflicto, y a fin de evitar divergencias entre los estándares, se decidió que H.323 tendría

prioridad sobre VoIP. VoIP tiene como principal objetivo asegurar la interoperabilidad entre equipos de diferentes fabricantes, fijando aspectos tales como la supresión de silencios, codificación de la voz y direccionamiento, y estableciendo nuevos elementos para permitir la conectividad con la infraestructura telefónica tradicional. Estos elementos se refieren básicamente a los servicios de directorio y a la transmisión de señalización por tonos multifrecuencia (DTMF).

VoIP/H.323 comprende a su vez una serie de estándares y se apoya en una serie de protocolos que cubren los distintos aspectos de la comunicación:

- **Direccionamiento:**

1. RAS (Registration, Admission and Status). Protocolo de comunicaciones que permite a una estación H.323 localizar otra estación H.323 a través de el Gatekeeper.
2. DNS (Domain Name Service). Servicio de resolución de nombres en direcciones IP con el mismo fin que el protocolo RAS, pero a través de un servidor DNS.

- **Señalización:**

1. Q.931 Señalización inicial de llamada
2. H.225 Control de llamada: señalización, registro y admisión, paquetización / sincronización del flujo de voz.
3. H.245 Protocolo de control para especificar mensajes de apertura y cierre de canales para flujos de voz.

- **Compresión de Voz:**

1. Requeridos: G.711 y G.723
2. Opcionales: G.728, G.729 y G.722

- **Transmisión de Voz:**

1. UDP. La transmisión se realiza sobre paquetes UDP, pues aunque UDP no ofrece integridad en los datos, el aprovechamiento del ancho de banda es mayor que con TCP.
2. RTP (Real Time Protocol). Maneja los aspectos relativos a la temporización, marcando los paquetes UDP con la información necesaria para la correcta entrega de los mismos en recepción.

- **Control de la Transmisión:**

RTCP (Real Time Control Protocol). Se utiliza principalmente para detectar situaciones de congestión de la red y tomar, en su caso, acciones correctoras.

Las figuras 2.11 y 2.12 nos muestran en forma simplificada la pila de protocolos en H.323



*Figura 2.11. Pila de protocolos en VoIP<sup>2</sup>*

Protocolo	Función
H.225	Señalización de llamadas
H.245	Control de medios
G.711/722/723/728	Codecs de audio
H.261/263	Codecs de vídeo
T.120	Compartir datos
RTP/RTCP	Transporte de medios.

*Figura 2.12 Protocolos H.323*

## 2.3.2 SGCP y MGCP

Media Gateway Control Protocol (MGCP) es un protocolo propietario de Cisco y Telcordia que sostiene comunicación entre los elementos de control de llamada (agentes de llamada o media gateways) y los gateways telefónicos. MGCP permite al operador central (generalmente, un servidor) monitorear y analizar eventos en teléfonos y gateways IP e informarles la necesidad de enviar un paquete a una dirección específica.

En la estructura MGCP, el control inteligente de llamada es localizado fuera de los gateways y es manejado por los elementos de control (el agente de llamada). Además los elementos de control



de llamada (agentes) se sincronizarán con cada uno de los otros y así ellos serán capaces de enviar comandos a los gateways bajo su control.

MGCP es actualmente una derivación de IPDC y SGCP. IPDC es un conjunto de protocolos que pueden, individualmente o conjuntamente, realizar el control de la conexión, el control del medio, y la señalización de transporte entre la red conmutada de circuitos e Internet.

SGCP fue desarrollado a principios de 1998 para reducir el costo de puntos finales (gateways) y para tener un control inteligente de llamada en una plataforma centralizada (o gateway controlador).

SGCP y MGCP fueron desarrollados para permitir a un dispositivo central, conocido como Media Gateway Controller (MGC) o *soft-switch*, controlar puntos finales o media gateways. Ambos protocolos son referenciados simultáneamente como xGCP. Se pueden desarrollar aplicaciones a través del uso de estándares API (Application Programming Interfaces).

La versión Cisco de esta tecnología es conocida como Virtual Switch Controller (VSC), ver figura 2.13. En este escenario, la red IP actúa como un virtual y amplio switch, con el VSC controlando todos los MGs (media gateways).

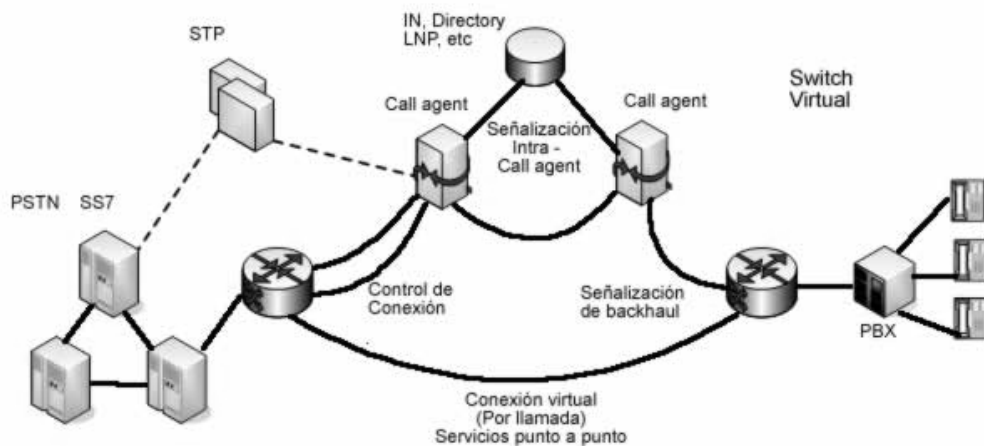


Figura 2.13 Switch Virtual Controlador (VSC)<sup>3</sup>

La figura 2.13 muestra el diseño típico de una red MGCP. En ella se muestra como la PSTN y la red de una empresa son conectadas a gateways o puntos finales que permiten el acceso dentro de la nueva red de paquetes. Este gateway recibe la dirección del Agente de Llamada (VSC), el cual puede comunicarse con la red SS7 y la red inteligente (IN), y puede decirle a los gateways como y cuando iniciar la llamada.

Para entender en mayor detalle la figura 2.13, varios de los componentes se describen a continuación:

1. La red existente PSTN/SS7 es conectada a un Punto de transferencia (STP – Switching Transfer Point), el cual también es conectado al MGC o Agente de Llamada. En esta conexión es donde la señalización SS7 toma lugar.
2. La red PSTN/SS7 es también conectada a un MG, el cual es una señal de la troncal comúnmente conocida como *Inter-Machine Trunk* o IMT. El MG es donde la troncal de voz de 64 kbps es convertida en paquetes y puesta en la red IP.
3. Los MGCs o los Agentes de Llamada también se intercomunican entre ellos. Este protocolo está actualmente indefinido en los organismos de estandarización. Los MGCs tiene una conexión a la IN para proporcionar servicio CLASS (Custom Local Area Signaling Services). La MGC recibe señales desde la red SS7 y le dice al MG cuando activar la conexión IP y cuando debe activar el otro MG.
4. El MG de la derecha, en la figura, no tiene conexión con la red SS7. Sin embargo, un mecanismo conocido como señalización *backhaul* debe ser usada para decirle al VSC cuando y como una llamada es recibida. La señalización backhaul es normalmente hecha con ISDN. El MG o algún otro dispositivo separa los canales D de los B y regresa el canal D al MGC a través de IP. Esta señalización está actualmente indefinida en los organismos de estandarización.

### 2.3.3    SIP

El Protocolo de Inicio de Sesión (SIP – Session Initiation Protocol) es el estándar que la IETF estableció para una conexión de VoIP. SIP es una aplicación de la capa de control para crear, modificar y terminar sesiones con uno o más participantes (puede ser usado para conferencias, incluso). Estas sesiones multimedia incluyen audio, video y datos, y pueden incluir múltiples socios. Estas sesiones multimedia pueden comunicarse a través de un mecanismo de entrega multicast, unicast o la combinación de ambas.

En lo que respecta a su estructura, este estándar es similar a HTTP (protocolo cliente-servidor). Una petición de datos es generada por el cliente y enviada al servidor. El servidor procesa el requerimiento y luego le envía como respuesta un paquete de datos. El requerimiento y la respuesta a ese requerimiento hacen una transición.

Muy pocas implementaciones de SIP están actualmente corriendo, aunque muchos vendedores y usuarios están interesados en usar SIP para desarrollar servicios.

SIP y H.323, definen mecanismos para un enrutamiento de una llamada, señalización, capacidades de intercambio, control de medio y servicios suplementarios. Son funcionalmente similares, sin embargo, hay diferencias significativas. SIP está basado en un modelo telefónico. Como un conjunto de protocolos que definen cada aspecto del medio de encriptación y transporte, H.323 es más complejo que SIP, este último define el protocolo de sesión y la reutilización de los componentes de Internet para todos los aspectos de comunicación.

En contraste con la telefonía tradicional y H.323, la simplicidad de SIP es independiente de la capa de transporte; y la indiferencia respecto al tipo de medio, hace que sea superior en términos de flexibilidad, escalabilidad y facilidad de implementación.

Como ejemplo, donde vemos la flexibilidad y la estabilidad se tiene que: Un equipo de voz sobre IP con H.323 requiere teléfonos y licencias del mismo equipo, mientras en un equipo de voz sobre IP basado en SIP, tiene licencias genéricas y pueden soportar incluso equipos de otros fabricantes, ya sean de *hardware* o *software*; es decir, teléfonos digitales IP.

### 2.3.4 MEGACO (H.248)

MEGACO o H.248 (nombre dado por la ITU) define el mecanismo necesario de llamada para permitir a un controlador Media Gateway el control de puertas de enlace para soporte de llamadas de voz/fax entre redes de la PSTN-IP o IP-IP.

Este protocolo está definido por la IETF RFC 3525 y es el resultado del trabajo realizado por la IETF y la ITU.

Antes de la cooperación entre la ITU y la IETF, existían diversos protocolos que cumplían estas funciones; entre ellos se encontraban MDPCP y MGCP.

H.248 es un complemento a los protocolos H.323 y SIP: se utilizará el H.248 para controlar los Media Gateways y el H.323 o SIP para comunicarse con otro controlador Media Gateway.

MEGACO soporta procesamiento de llamadas, usando dos conceptos abstractos para sus operaciones: **terminaciones y contextos**. Estos dos conceptos son usados para manejar llamadas y definir los estados. En conclusión, MEGACO permite transacciones que consisten de diversas acciones y comandos, provee alta disponibilidad en los acontecimientos de los equipos o fallas de la red, y utiliza herramientas de fácil uso para soportar los acontecimientos, señales, y necesidades de control y administración de MG.

## 2.4 Principios de redes basadas en H.323

H.323 es una combinación de protocolos que inicialmente soportaban sólo sistemas de videoconferencia sobre topologías y protocolos LAN/WAN. Sin embargo, H.323 V2 se ha desarrollado como un estándar de señalización de redes de paquetes que provee fundamentos para comunicaciones de audio, video y datos a través de una red IP, incluyendo Internet.

H.323 es una red, plataforma y aplicación independiente, permitiendo que cualquier dispositivo H.323 pueda interoperar con otro. A través de H.323 no se puede garantizar una calidad de servicio, los usuarios se comunican sin preocuparse por la compatibilidad.

H.323 soporta dispositivos sencillos y tecnología computacional, en conferencias punto-a-punto y punto-multipunto.

H.323 maneja:

- Señalización y control de llamadas
- Administración y control multimedia
- Administración del ancho de banda
- Interfaces entre LANs y otros dispositivos finales H.323

El estándar H.323 consiste de los siguientes componentes y protocolos

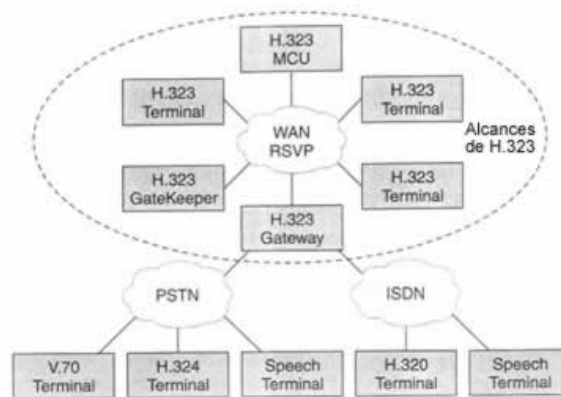
COMPONENTE	DESCRIPCIÓN
Red	Redes conmutadas de paquetes con ancho de banda no garantizado (Ethernet)
Video	H.261
	H.263
	G.711
Audio	G.722
	G.728
	G.723
	G.729
Multiplexación	H.225
Control	H.245
Multipunto	H.323
Seguridad	H.235
Datos	T.120
Interfaz común	TCP/IP

*Tabla 2.1. H.323 V2*

H.323 incorpora soporte para varios CODECs o técnicas de compresión de voz, derivados de los estándares existentes en la ITU. Estos CODECs son elegidos por el administrador de la red y afecta factores tales como: calidad de la voz, tasa de transmisión, capacidad de procesamiento de la computadora, y retardo de la señal.

## Elementos H.323

H.323 es un estándar flexible que puede ser aplicado para voz - solo handsets- y estaciones multimedia completas de videoconferencia. H.323 ha ampliado su alcance, el cual ha establecido a H.323 como el estándar para transportar comunicaciones de audio y video en una red de paquetes IP.



*Figura 2.14 Elementos de una red H.323<sup>3</sup>*

La figura 2.14 muestra los elementos de una red H.323. Estos elementos incluyen terminales, gateways, gatekeepers y unidades de control multipunto (MCU).

Frecuentemente referenciadas como puntos finales, las terminales proporcionan conferencias de audio, video y datos punto a punto y multipunto. Los gateways interconectan a la PSTN o a la red ISDN las terminales H.323.

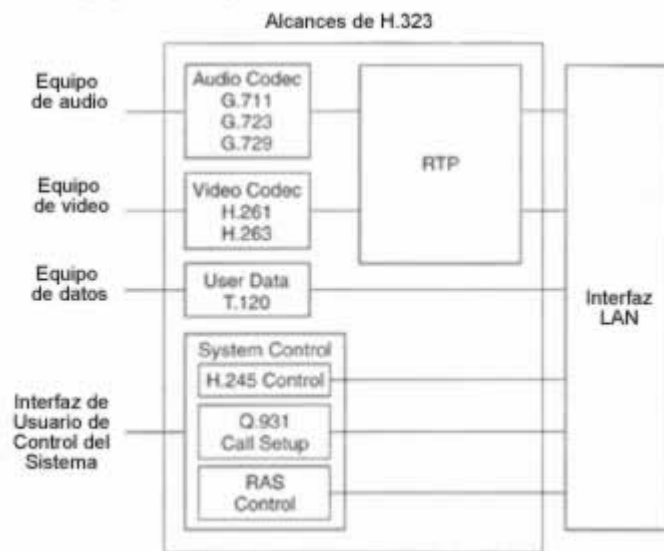
Los gatekeepers proporcionan control de admisión y servicios de traducción de direcciones para terminales o gateways. Los MCUs son los dispositivos que permiten a dos o más terminales o gateways comunicarse con otras sesiones de audio y/o video.

En la figura 2.15 se muestran los componentes y su interrelación de H.323.

## Terminales

Las terminales H.323 deben tener una unidad de sistema de control, medio de transmisión, codificador de audio, y una interfaz de red basada en paquetes. Requerimientos opcionales incluyen un codificador de video y aplicaciones de datos para el usuario. Por lo tanto, todas las terminales deben soportar comunicaciones de voz, video y datos son opcionales.

Las terminales son consideradas como puntos finales en la red del cliente.



*Figura 2.15 Relación de los componentes H.323*

Las siguientes funciones y capacidades son parte del alcance de la terminal H.323

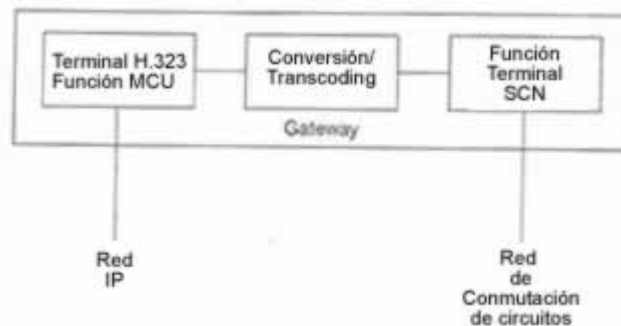
- **Unidad de Sistema de Control.** Proporciona control de llamada H.225 y H.245, capacidad de intercambio, mensajería, y señalización de comandos para la operación apropiada de la terminal.
- **Medio de transmisión.** Ajusta el formato de audio, video, datos, flujo de control, y mensajes transmitidos sobre la red. El medio de transmisión también recibe el audio, video, datos, flujo de control, y mensajes desde la interfaz de red.
- **CODEC de audio.** Codifica la señal desde el equipo de audio para la transmisión y decodificación de la señal de audio entrante. Requiere funciones que codifican y decodifican la voz, G.711, y transmite y recibe formato de Ley A o Ley  $\mu$ . Opcionalmente, codificación y decodificación G.722, G.723.1, G.728 y G.729 puede ser soportada.
- **Interfaz de Red.** Un interfaz capaz de servicios fin-a-fin unicast y multicast TCP y UDP.
- **Codificador de video.** Opcional, pero si se provee deber ser capaz de codificar y decodificar video de acuerdo a H.261QCIF (Quarter Comment Intermediate Format).

- **Canal de datos.** Soporta aplicaciones tales como acceso a base de datos, transferencia de archivos y conferencia de audio gráficos (la modificación de una imagen común en múltiples computadoras de usuario simultáneamente), como se especifica en la recomendación T.120.

## Gateway

Los gateways son opcionales en una conferencia H.323. Es la conferencia puente a otras redes, protocolos de comunicación y formatos multimedia.

No se requiere si hay conexión entre dos dispositivos H.323 en la misma LAN o en una red donde no hay dispositivos H.323 utilizados. Es decir, los gateways no son necesarios a menos que se requiera interconexión con una red de circuitos conmutados. Esto implica que terminales H.323 pueden comunicarse directamente en la red de paquetes sin interconectarse a un gateway. En la figura 2.16 vemos los componentes del gateway.



*Figura 2.16 Elementos de un Gateway H.323*

El gateway actúa como una terminal H.323 o como un MCU en la red, y como una terminal o MCU en la red conmutada de circuito. Tal como lo ilustra la figura 2.16

## Gatekeeper

Sin un gatekeeper, cada dispositivo debe ser manualmente configurado para la comunicación entre los dispositivos.

El gatekeeper proporciona un servicio centralizado en el cual todos los dispositivos H.323 están registrados. Realiza la conversión de la dirección y la administración del ancho de banda en una red IP. Así mismo, realiza un mapeo de las direcciones IP, y realiza operaciones de búsqueda de las mismas cuando es necesario.

Ejerce funciones de control de llamada para minimizar el número de conexiones H.323, y reducir el ancho de banda utilizado.

Los gatekeepers están lógicamente separados de otros elementos de red en ambientes H.323. Si más de un gatekeeper es implementado, la intercomunicación es realizada de una manera no especificada hasta el momento.

Si un gatekeeper está presente en un sistema H.323, éste debe tener los siguientes requerimientos.

FUNCIÓN GATEKEEPER	DESCRIPCIÓN
Traducción de dirección	Proporciona la traducción de direcciones alias, como URL, a direcciones de transporte, tales como IP. Usa registros y mensajes de actualización para construir tablas de traducción.
Control de Admisión	Proporciona autorización para acceder a una red LAN, utilizando mensajes de Solicitud de Admisión, Confirmación y Rechazo (ARQ/ARC/ARJ). El acceso se basa en autorizaciones de llamada, ancho de banda u otros criterios. El control de admisión puede ser nulo y admitir todos los requerimientos.
Control del ancho de banda	Maneja mensajes de Solicitud de Ancho de Banda, Confirmación y Rechazo (BRQ/BCF/BRJ) que pueden ser usados en la administración del ancho de banda. El manejo del ancho de banda puede ser una función nula, aceptando todos los cambios requeridos en el mismo.
Zona de Administración	Maneja funciones para terminales, MCUs, y gateways registrados.

*Tabla 2.2 Funciones Gatekeeper en H.323*

Opcionalmente, el gatekeeper puede proporcionar otras funcionalidades

- **Señalización de control de llamada.** Usa el modelo de señalización de ruteo de llamada (GKRCS).
- **Autorización de llamadas.** Habilita al gatekeeper para restringir acceso a ciertas terminales y gateways, o para restringir el acceso en determinadas horas del día.
- **Administración del ancho de banda.** Permite al gatekeeper rechazar una admisión si se requiere ancho de banda que no esté disponible.
- **Administración de llamadas.** Los servicios incluyen mantenimiento de una lista de llamadas activas que se puede usar para indicar que terminal está ocupada.

### Unidades de Conferencia Múltiple (MCU)

Las características del MCU son:

1. Soporta conferencias entre tres o más terminales.
2. Consiste de un controlador multipunto (MC) requerido y, cero o más procesadores multipunto (MPs).  
MC es el software que maneja las negociaciones H.245 entre todos los dispositivos para determinar las capacidades de procesamiento común de audio y video.



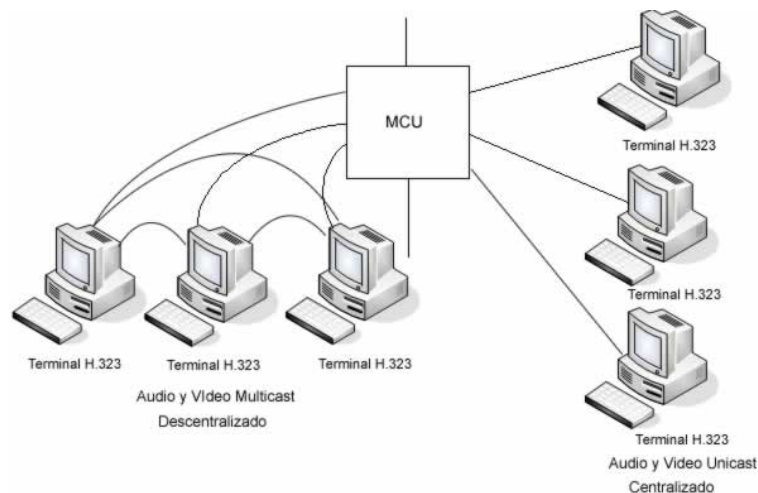
MP provee las funciones de hardware y software que codifican y rutean los flujos de audio, video y datos entre los dispositivos terminales.

Los MCU juegan un rol importante en el establecimiento de llamadas de conferencia y el envío de información a sitios múltiples. Hay dos maneras en que esta función puede ser realizada:

- Multicast (Descentralizado)
  - Ocurre directamente desde un dispositivo H.323
  - Asegura cada dispositivo conforme a los estándares
  - Usa negociaciones conducidas por el MC
  - Reduce los requerimientos de ancho de banda, desde todas las terminales en el grupo multicast recibiendo un solo flujo de datos.
- Unicast (Centralizada)
  - Usa protocolos de codificación o traducción de varios CODECs y tasas de transmisión, o aplica un set de tasas de transmisión y protocolos en común.

En la figura 2.17 se muestra un ejemplo de conferencia multicast y unicast.

MCU acepta los paquetes de audio desde los conferencistas, los codifica en una señal con formato común, y la reenvía a todos los participantes.



*Figura 2.17 Conferencia Multicast y Unicast*<sup>3</sup>

En conclusión, H.323 es un sistema híbrido construido de gatekeepers inteligentes centralizados, MCUs, y pocas terminales inteligentes. El estándar H.323 está más completo en revisiones recientes.

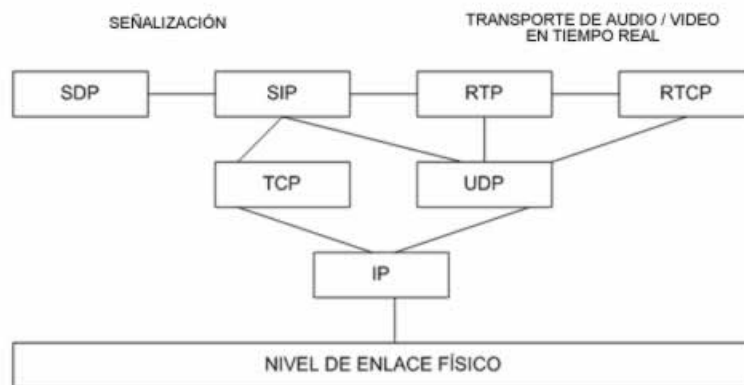
Cuando una alta densidad de gateways son necesarios para interconectar a la PSTN, alternativas como SGCP y MGCP están siendo desarrolladas. Estos sistemas de control de llamadas proporcionan una solución más efectiva y escalable para satisfacer las implementaciones de los carriers.

Así mismo, para configuración de terminales inteligentes, SIP (Session Initiation Protocol) resuelve algunos de los problemas que encontramos en H.323 y está siendo implementado como una alternativa.

## 2.5 Principios de redes basadas en SIP

El Protocolo de Inicio de Sesión (SIP) es un protocolo de señalización de control de la capa de aplicación usado para establecer, mantener, y terminar sesiones multimedia. Las sesiones multimedia incluyen telefonía IP, conferencias, y otras aplicaciones similares involucrando audio, video y datos.

En la figura 2.18, se observa la pila de protocolos en SIP.



*Figura 2.18 Pila de protocolos de SIP<sup>7</sup>*

Se puede usar invitaciones SIP para establecer sesiones y transportar descripción de sesiones. SIP soporta sesiones unicast y multicast también como llamadas punto a punto y multipunto.

SIP, en inglés Session Initiation Protocol, fue diseñado para escalar y utilizar los protocolos existentes que integran otras aplicaciones IP, tales como correo o WWW. Definido por IETF RFC 2453, la interoperabilidad es otra característica de SIP.

Las funciones de SIP son independientes, y no son dependientes de ningún protocolo. SIP puede operar en conjunción con otros protocolos de señalización, tales como H.323.

La telefonía IP sigue siendo desarrollada y requerirá capacidades de señalización adicional en el futuro. La flexibilidad de SIP permite desarrollar esta funcionalidad incremental. Los encabezados de mensajes SIP son versátiles, y se pueden registrar características adicionales. La flexibilidad de los mensajes SIP permite elementos para construir servicios telefónicos avanzados, incluyendo servicios móviles.

Las funciones básicas son:

- Soportar comunicaciones interactivas entre usuarios.
- Maneja sesiones de iniciación, terminación y modificación.
- Describe el contenido de sesiones a través del uso de Multipurpose Internet Mail Extensions (MIME).
- Determina la localización o presencia de los usuarios con red.
- Soporta unicast, multicast, acoplamientos de sesiones unicast, o una combinación de unicast y multicast.

Unicast: comunicaciones entre un solo emisor y el receptor de la red.

Multicast: comunicaciones entre un solo emisor y múltiples receptores.

Broadcast (o anycast): provee comunicaciones entre un solo emisor y todos los dispositivos de la misma subred.

- Soporta usuarios móviles.

## Componentes de SIP

En esta sección se describirán la funcionalidad básica y los elementos de SIP. Los dos componentes en un sistema SIP son: *agentes del usuario* y *servidores de red*. El que llama y el que recibe la llamada son identificados por una *dirección SIP*; los participantes necesitan localizar *servidores* y *usuarios*.

## Agentes de usuario

Los agentes de usuario son aplicaciones cliente-sistema final que contienen el cliente de agente de usuario (UAC) y el servidor agente de usuario (UAS), o también conocido como cliente y servidor, respectivamente.

- Cliente – Inicia los requerimientos SIP y actúa como el agente de llamada del usuario
- Servidor – Recibe los requerimientos y emite una respuesta a favor del usuario: actúa como el agente de usuario llamado.

## Servidores de red

Existen dos tipos de servidores de red SIP: *servidores proxy* y *servidores de redireccionamiento*.

- **Servidor proxy.** Actúa a favor de otros clientes y contiene funciones tanto de cliente como de servidor. Un servidor proxy interpreta y puede re-escribir los encabezados de los requerimientos antes de pasarlos a otros servidores. Re-escribiendo los encabezados identifica el proxy como el iniciador de los requerimientos y asegura que las contestaciones sigan la misma trayectoria de regreso al proxy en lugar de al cliente.
- **Servidores de re-direccionamiento.** Acepta los requerimientos SIP y envía una respuesta redireccionada al cliente conteniendo la dirección del próximo servidor. El servidor de re-direccionamiento no acepta llamadas, ni procesan los requerimientos de envío SIP.

## Direccionamiento

Las direcciones SIP, también llamadas SIP Universal Resource Locators (URL's), existen en la forma de usuarios@hosts. Similar a las direcciones de correo electrónico, un SIP URL es identificado por usuario@host. La parte del usuario, en la dirección, puede ser un nombre de usuario o un número telefónico, y la parte del host puede ser un nombre de dominio o dirección de red. Se puede identificar el SIP URL del usuario por su dirección de correo electrónico. Los siguientes ejemplos representan dos posibles SIP URLs:

sip: [ciscopress@cisco.com](mailto:ciscopress@cisco.com)  
sip: [4085262222@171.171.171.1](tel:4085262222@171.171.171.1)

## Localización de un servidor

Un cliente puede enviar un requerimiento SIP, cualquiera, directamente para una configuración del servidor proxy localmente, o para una dirección IP y un puerto correspondiente SIP URL. Enviar un requerimiento SIP directamente es relativamente fácil, pues las aplicaciones del sistema final conocen los servidores proxy. Enviar un requerimiento SIP de la segunda manera es algo más complicado, por las siguientes razones:

- El cliente debe determinar la dirección IP y el número de puerto del servidor para el cual envía el requerimiento.
- Si el número de puerto no está listado en los SIP URL requeridos, el puerto por default es el 5060.
- Si el tipo de protocolo no está listado en el SIP URL requerido, el cliente debe primero intentar conectarse usando User Datagram Protocol (UDP) y luego Transmission Control Protocol (TCP).
- EL cliente requiere el servidor del Sistema de Nombres de Dominio (DNS) para los hosts de la dirección IP. Si no encuentra registros de la dirección, el cliente es incapaz de localizar el servidor y no podrá continuar con el requerimiento.

## Transiciones SIP

Después que el direccionamiento está resuelto, el cliente envía uno o más requerimientos SIP y recibe una o más respuestas desde el servidor especificado. Todos los requerimientos y respuestas asociadas con esta actividad son considerados parte de una transacción SIP. Por simplicidad y consistencia, los campos de encabezados en todos los mensajes de requerimiento se relacionan con los campos del encabezado de todos los mensajes respuesta.

## Localización de un usuario

La llamada puede moverse en uno o varios sistemas en un cierto tiempo. La llamada puede moverse desde una red LAN corporativa a un hogar conectado a través de un proveedor de servicios de Internet (ISP), o a una conexión pública de Internet mientras atiende una conferencia, por ejemplo. Por lo tanto, para servicios de localización, SIP necesita acomodar la flexibilidad y la movilidad de los sistemas finales IP. La localización de esos sistemas finales puede ser registrada con el servidor SIP o con otros servidores de localización fuera del alcance de SIP. En última instancia, el servidor SIP almacena la lista de locaciones basada en los servidores de localización exteriores que están retornando múltiples hosts posibles.

La acción y el resultado de localizar un usuario dependen del servidor SIP que este siendo utilizado. Un servidor de redireccionamiento SIP simplemente regresa la lista completa de

localizaciones y permite al cliente localizar un usuario directamente. Un servidor proxy SIP puede alcanzar las direcciones en paralelo hasta que la llamada sea exitosa.

Basado en un modelo de cliente-servidor, los componentes de SIP consisten de: servidor, registro, servidor de agente de usuario y agente del usuario.

En la figura 2.19 se observa los pasos para la localización del usuario/servidor para el inicio de una llamada.

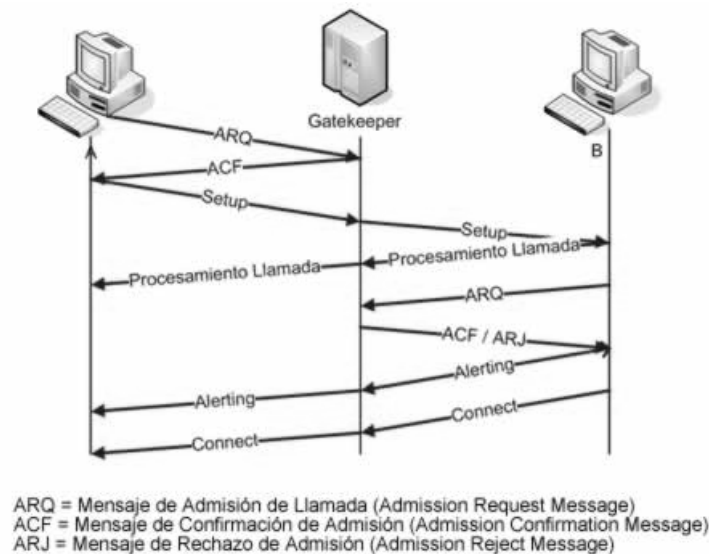


Figura 2.19 Operación de inicio de llamada en SIP<sup>3</sup>

## Mensajes SIP

Dos tipos de mensajes SIP existen: **requerimientos de inicio**, y **retorno de respuestas desde los servidores**. Cada mensaje contiene un encabezado que describe los detalles de comunicación. SIP es un protocolo basado en texto con una sintaxis de mensajes y campos de encabezado idénticos a HTTP. Los mensajes SIP son enviados sobre TCP o UDP con múltiples mensajes transportados en una sola conexión TCP o datagrama UDP.

Los encabezados del mensaje se usan para especificar quién llama, a quién se le llama, ruta y tipo de mensaje de la llamada. Los cuatro grupos de encabezados de mensaje son los siguientes:

- 1.- Encabezados generales. Aplica para requerimientos y respuestas.
- 2.- Encabezados de identidad. Define la información acerca del tipo del cuerpo del mensaje y longitud del mismo.

3.- Encabezados de requerimiento. Permite al cliente incluir información adicional de la petición.

4.- Encabezados de respuesta. Permite al servidor incluir información adicional de respuesta.

Existen seis tipos de mensajes de requerimiento. Estos requerimientos, son referidos también como *métodos*, y permiten al agente del usuario y al servidor de red localizar, invitar, y administrar las llamadas. Los seis tipos de requerimientos son:

- INVITACIÓN. Este método indica que los usuarios o servidores están invitados a participar en una sesión. Incluye una descripción de la sesión y, para cuando se tienen dos caminos para la llamada, el que habla indica el tipo de medio. Una respuesta exitosa para este tipo de INVITACIÓN incluye el medio del receptor. Con este simple método los usuarios pueden reconocer las capacidades del otro extremo y abrir una sesión de conversación con un número limitado de mensajes y viajes redondos.
- ACK. Este requerimiento corresponde a una petición de INVITACIÓN. Ello representa la confirmación final desde el sistema receptor y concluye la transacción iniciada por el comando INVITACIÓN. Si el que habla incluye una descripción de sesión en un requerimiento ACK, parámetros adicionales no son utilizados en la sesión. Si una descripción de la sesión está ausente, los parámetros sesión en la petición de INVITACIÓN son usados como default.
- OPCIONES. Este método permite preguntar y recolectar agentes de usuario y capacidades de servidores de red. Esta petición no se usa para establecer sesiones.
- ADIÓS. Este método es usado por el que habla y por quién recibe la llamada para finalizar una llamada. Antes de cortar la llamada, el agente de usuario envía los requerimientos al servidor para indicar el deseo de terminar la sesión.
- CANCELAR. Este requerimiento permite al agente de usuario y al servidor de red cancelar cualquier petición en proceso. Esto no afecta peticiones completas en las cuales la petición ya fue recibida.
- REGISTRO. Es método es usado por los clientes para registrar información de localización con los servidores SIP.

Los mensajes de respuesta SIP están basados en la recepción e interpretación de los correspondientes requerimientos. Los mensajes son enviados en respuesta a los requerimientos o peticiones e indican la falla o el éxito de la llamada, incluyendo el estado del servidor.

Son seis los tipos de respuestas, cada uno con su código:

- 1xx: Información, respuesta recibida, continuación del proceso.
- 2xx: Suceso, acción recibida satisfactoriamente, aceptación.
- 3xx: Redirección, acción requerida para completar el requerimiento.
- 4xx: Error de Cliente, no ejecutado o con error de sintaxis.
- 5xx: Error del Servidor, campo del servidor para ejecutar y validar.
- 6xx: Falla Global, el requerimiento no puede ser ejecutado por ningún servidor.

Las categorías de respuesta son provisionales, e indican el progreso y el final, con los cuales termina un requerimiento. Las respuestas de carácter informativo son provisionales, y los cinco restantes son respuestas finales.

En resumen, SIP es un estándar IETF basado en protocolos de señalización para aplicaciones multimedia con uno o más participantes. La intención de IETF es crear una arquitectura funcional y en capas con características específicas y funcionales que sean realizadas por protocolos altamente optimizados. SIP es un protocolo flexible que tiene capacidades para ventajas y servicios adicionales.

El estándar de señalización de la ITU-T, H.323, difiere del protocolo SIP. SIP se jacta de algunas ventajas sobre H.323, tales como rápido enlace de llamada, menor complejidad, implementaciones del tipo HTTP con arquitectura modular conteniendo funciones que residen en protocolos separados. Con la implementación SIP no todos los servidores necesitan mantener el estado de la llamada.

## 2.6 Concepto de softswitch y Red Inteligente

En la red pública conmutada PSTN cada dispositivo es conectado a los switches Clase 5, usando un par de hilos referidos como última milla, el teléfono es conectado a otros usando líneas troncales a través de Switches Clase 4. Cada teléfono maneja una parte de la señalización hasta que las conexiones son establecidas, luego el circuito de diálogo se habilita para la conversación entre ambas partes.

Las operaciones de colgar, descolgar, intermitencia de la bocina y la emisión de tonos son parte de la señalización desde el dispositivo al switch.

Los tono de ocupado, tono de repique, tono de marcado son un tipo de señalización emitida por el Switch. El dispositivo telefónico permite el intercambio de información entre el que llama y la persona que es llamada.



La información se transmitía de forma analógica a través de pares de cables entre los Switches y los teléfonos. Entre los switches la comunicación se realizaba por medio de modulación TDM y cada llamada toma un intervalo de tiempo especial para realizarse.

La primera generación de switches telefónicos utilizaba un arreglo enorme de circuitos eléctricos basados en relés para el establecimiento de las conexiones físicas, para crear el establecimiento de las llamadas y en algunas ocasiones necesitaban de un operador en paralelo para ejecutar algunas funciones manuales. Este tipo de sistema de telefonía de primera generación (POTS) se refiere a los servicios básicos, los cuales no contemplan las capacidades de caller ID y llamada en espera.

Posteriormente surgen la generación de switch automáticos equipados con generadores de tonos, decodificadores de tono, codificador de pulso rotativo, plan de numeración y plan de cableado que mejoran las características funcionales de los switches de primera generación.

En los años 1970 la implementación de las tecnologías digitales llegaron a ser las más populares, utilizando TDM (Multiplexación por División de Tiempo), lo cual resolvió las limitaciones de los métodos analógicos: la primera implementación de TDM en un canal simple DS0 (8 khz =64 kbps) para digitalizar la voz y un bit para señalización. La Banda de señalización para este tipo de tecnología eventualmente era muy propensa a errores.

En la generación actual los paquetes digitalizados son transportados en un solo canal DS0 mientras que la información de señalización es transmitida por medio de unos paquetes separados en la red conmutada. La señalización más comúnmente usada es la SS7, basada en el Signalling Systems 7 y la carga útil es transportada sobre la red digital TDM, la cual es direccionada directamente por el switch, de esta manera la red PSTN es conformada por la red TDM para voz y la red SS7 para señalización.

La nueva generación de voz, datos, videos y fax será implementada utilizando tecnología IP basada en conmutación de paquetes, dentro de esta generación se encuentra la tecnología *Softswitch y las redes inteligentes*, en este modelo la información útil y la señalización se transporta a través del mismo paquete.

Los mensajes de SS7 son transmitidos a la red IP y son transportados usando el protocolo TCP. Voz, datos y videos son transportados por la red IP usando el protocolo UDP

PSTN	INTERNET
Basada en conmutación de Circuitos	Basada en conmutación de paquetes
Excelente Calidad de servicio	No garantiza la Calidad de servicio (QoS)
Posee Servicios avanzados de Voz, datos y Fax	Provee servicios de datos muy flexibles
Red de bajo retardo, Ancho de banda Fijo	Red de retardo variable, Ancho de Banda variable
Los servicios son proporcionados por los nodos de conmutación y las RI	Existencia de Nodos de Paquetes

*Tabla 2.3 Nueva Generación de Redes (NGN)*

Un obstáculo para la implantación de estas nuevas redes, las cuales manejarán el tráfico telefónico actual y más, ha sido la falta de un sistema telefónico de señalización inteligente fundamentalmente para establecer parámetros de la llamada (como por ejemplo la dirección destino, las necesidades de ancho de banda y, la autorización para realizar las llamadas), después de superado este obstáculo se podrán ofrecer servicios avanzados en un entorno híbrido con tecnologías de conmutación de paquetes y de circuitos.

## Softswitch

Softswitch es una tecnología que ofrece lo mejor de las redes telefónicas tradicionales e Internet, creando de esta manera un alto porcentaje de confiabilidad, combinado con rápidas reducciones en los costos e innovadores servicios. Softswitch permite obtener servicios y calidad similares, pero a menor precio. El cliente se beneficia por las continuas mejoras de rendimiento y costos que ofrece la tecnología de Internet.

## Concepto

Softswitch es un dispositivo que provee control de llamada y servicios inteligentes para redes de conmutación de paquetes. Un Softswitch sirve como plataforma de integración para aplicaciones e intercambio de servicios. Son capaces de transportar tráfico de voz, datos y vídeo de una manera más eficientes que los equipos existentes, habilita al proveedor de servicio para soporte de nuevas aplicaciones multimedia integrando las existentes con las redes inalámbricas avanzadas para servicios de voz y datos.

La interconexión de las redes de circuitos y las redes conmutadas de paquetes, está provocando la evolución de los centros de conmutación actuales mediante la tecnología de softswitch, la cual se basa en una combinación de software y hardware que se encarga de enlazar las redes de paquetes (ATM o IP) y las redes tradicionales, las cuales desempeñan funciones de control de llamadas tales como conversión de protocolos, autorización, contabilidad y administración de operaciones. Esto significa que los softswitches buscan imitar las funciones de una red de

conmutación de circuitos para conectar abonados (clase 5), interconectar múltiples centrales telefónicas (clase 4 o tandem) y ofrecer servicios de larga distancia (clase 3), de la misma manera como lo hacen las centrales telefónicas actuales. Además, según los fabricantes –como Nortel, Lucent, Cisco y HP– el uso de esta tecnología ayudará a los operadores a suministrar servicios nuevos y tradicionales a menor costo [11].

Softswitch son dispositivos que utilizan estándares abiertos para crear redes integradas de última generación capaces de transportar Voz, Vídeo y Datos con gran eficiencia y en las que la inteligencia asociada a los servicios está desligada de la infraestructura de red.

Softswitch es la pieza central en la red de telefonía IP, puede manejar inteligentemente las llamadas en la plataforma de servicio de los ISP.

El conjunto de productos, protocolos y aplicaciones capaz de permitir que cualquier dispositivo accese a los servicios de Internet y a los servicios de telecomunicaciones sobre las redes IP es softswitch.

## Características

Una característica clave del Softswitch, es su capacidad de proveer a través de la red IP un sistema telefónico tradicional, confiable y de alta calidad en todo momento. Si la confiabilidad de una red IP llega a ser inferior al nivel de la calidad de la red tradicional, simplemente el tráfico se desvía a esta última. Las interfaces de programación permitirán que los fabricantes independientes de software creen rápidamente nuevos servicios basados en IP que funcionen a través de ambas redes: la tradicional y la IP.

Además, los conmutadores por software permiten ofrecer servicios de voz avanzados así como nuevas aplicaciones multimedia, las cuales se caracteriza por:

- Su inteligencia, la cual les permite controlar los servicios de conexión asociados a las pasarelas multimedia (Media Gateways) y los puntos terminales que utilizan IP como protocolo nativo.
- La posibilidad de seleccionar los procesos, los cuales se pueden aplicar a cada llamada.
- El enrutamiento de las llamadas en función de la señalización y de la información almacenada en la base de datos de los clientes.
- La capacidad para transferir el control de una llamada a otro elemento de red.
- Interfaces con funciones de gestión como los sistemas de facturación y provisión.

- Puede existir con las redes tradicionales de redes conmutadas, así como puede proveer los servicios de la tecnología de conmutación de paquetes.
- Los servicios que pueden soportar incluye voz, fax, vídeo, datos y nuevos servicios que serán ofrecidos en el futuro.
- Los dispositivos finales incluyen teléfonos tradicionales, teléfonos IP, computadoras, beepers, terminales de video conferencia y más.

Separar los servicios y el control de llamadas de los servicios de la red de transporte subyacente es una característica esencial de las redes basadas en softswitch, en función a esto los operadores pueden elegir en todas las capas de la red los mejores productos de cada categoría de distintos fabricantes.

## Ventajas

Los operadores se vuelven independientes de los vendedores de la tecnología y de los protocolos que los soportan.

Los proveedores ganarán más control sobre la creación de servicios, que es lo que realmente hará la diferencia entre proveedores. El software reducirá el costo total del servicio.

Un softswitch es generalmente 40 ó 45% menos costoso que un switch de circuitos. Debido a que los softswitches utilizan arquitectura de cómputo general, en donde el precio y desempeño han mejorado considerablemente, la industria espera que esta tecnología pueda brindar aún mayores ventajas en su costo que los switches de circuitos.

Un softswitch puede ser distribuido por toda la red o de manera centralizada. En redes grandes se pueden distribuir varios softswitches para administrar diferentes dominios o zonas. También se puede tener acceso a servicios desde la plataforma de manera local o desde otras regiones. Las redes más pequeñas pueden requerir solamente dos softswitches (para redundancia). Los adicionales se agregan para mantener baja la latencia cuando la demanda de los clientes aumenta. Esto también permite a los carriers utilizar softswitches en nuevas regiones cuando construyen sus redes sin tener que comprar switches de circuitos.

Esta tecnología permite una transición pacífica de circuitos a paquetes, con servicios diferenciados e interoperabilidad a través de redes heterogéneas.

## Arquitecturas de Softswitch

En la construcción de un Softswitch las alternativas de implementación deben basarse en las consideraciones de la arquitectura y los cinco componentes del softswitch (gateway controller, media gateway, signaling gateway, media server y feature server).

Los factores para considerar incluyen:

1. Escalabilidad
2. Confiabilidad del hardware
3. Disponibilidad de requerimientos
4. Requerimientos de funcionamiento
5. Habilidad para lograr la interconexión con múltiples protocolos y
6. El retorno de la inversión.

Las características funcionales manejadas por la plataforma está sujeta a los requerimientos de tráfico entrada/salida. En vista de las consideraciones es recomendable agrupar la funcionalidad y los factores de mantenimiento, disponibilidad y crecimiento de unidades separadas e integrarla, con el fin de formar el SOFTSWITCH.

En conclusión, Softswitch es la pieza central en la Red de Telefonía IP, éste puede manejar inteligentemente, procesar llamadas y proveer servicios en la plataforma de un carrier. Esta solución que se puede integrar a las redes actuales, permite habilitar los mismos servicios de larga distancia (números 800, bloqueo de destinos, calling cards), VPN y telefonía local (servicios de emergencia, correo de voz, llamadas en espera, etc.) que hoy en un día ofrece un switch tradicional.

Sin embargo, aunque los softswitches permiten transmitir voz y datos en un solo enlace a un menor costo, actualmente no se encuentran en la etapa de sustituir por completo a los equipos tradicionales. El Softswitch es un sistema basado en un estándar abierto que permite renovar y reducir costos.

## Red Inteligente

Sobre la red telefónica, hoy en día, se ofrece no sólo el servicio de telefonía básica, sino toda una extensa gama de nuevos y variados servicios que son de utilidad para una gran mayoría de sus usuarios residenciales y de negocios y que, al mismo tiempo, reportan importantes beneficios a los operadores, tanto por el propio coste del servicio como por el incremento en el número de llamadas y el tráfico que genera su utilización. Ello es posible gracias a la incorporación de aplicaciones informáticas sobre nodos conectados a la infraestructura de conmutación telefónica, que viene a configurar lo que se denomina Red Inteligente o IN (Intelligent Network), aunque más apropiado sería emplear el término de inteligencia en la red o network intelligence.

*Red Inteligente* es una plataforma basada en la interconexión de nodos en donde residen aplicaciones informáticas, centrales de conmutación y sistemas de bases de datos en tiempo real, enlazados mediante avanzados sistemas de señalización, para proveer la nueva generación de servicios. Entre los diversos factores que han influido en su aparición podemos citar los siguientes:

- Necesidad de nuevos y mejores servicios
- Apertura de la red
- Servicios en evolución
- Oferta de servicios de valor añadido

En definitiva, la Red Inteligente es una arquitectura de red que permite alcanzar los puntos anteriormente comentados, evolucionando en todas y cada una de las áreas que la constituyen: acceso, sistemas de conmutación, control y señalización. Todo lo anterior implica la necesidad de disponer de centros de control y gestión para obtener el máximo rendimiento y disponibilidad, realizando la adecuada administración de la misma. La Red Inteligente permite, además, la integración de la red telefónica fija con las distintas redes móviles o con Internet, personalizando los servicios en función del perfil del usuario.

## Concepto

La Red Telefónica Básica (RTB), en un principio diseñado sólo y exclusivamente para la interconexión de diversos usuarios que querían establecer una comunicación vocal, está experimentando una evolución tal que le permite el soporte de otro tipo de servicios, como por ejemplo la transmisión de datos, videoconferencia o la conexión a Internet. Es aquí, donde cabe hablar del concepto de Red Inteligente (RI), no como una nueva red, adicional a las ya existentes, sino como una evolución de las mismas, introduciendo una nueva arquitectura, en la que los

nodos de conmutación -de circuitos o paquetes- ya existentes, se incorporan otros nuevos, interconectados entre sí mediante potentes medios de señalización, y especializados en la realización de determinadas funciones, diferentes a las propias y ya clásicas de telefonía.

En 1992 surgen los primeros estándares de Red Inteligente, contemplados en la serie de recomendaciones Q.1200 del CCITT (ahora UIT-T), que especifican la arquitectura hardware y software que permite la llamada a procedimientos especiales durante el proceso de establecimiento de la llamada, tanto en la central de conmutación como en la red, que pueden, a su vez, controlar la conmutación y otros recursos en la red para realizar un encaminamiento inteligente, gestión de los terminales, facturación, etcétera.

En la red inteligente, al contrario de lo que sucede en la RTB, los datos de todos los clientes se encuentran en ciertos nodos de la misma, accesibles desde el resto mediante determinados protocolos de comunicación; así, en las comunicaciones que se cursan intervienen diferentes nodos, estratégicamente distribuidos por la red, y especializados en la realización de ciertas funciones, que dialogan entre sí durante la fase de establecimiento de la comunicación, posibilitando de este modo la prestación de los distintos servicios requeridos por los usuarios.

La Red Inteligente es en definitiva un concepto que, mediante la centralización de determinadas funciones de control y proceso sirve para prestar servicios que requieren el manejo eficiente de un considerable volumen de datos.

## Servicios que se ofrecen

Una característica de la Red Inteligente es que su arquitectura es independiente del servicio, proporcionando una plataforma que puede soportar cualquier servicio orientado a la red, por lo que ni éstos ni su número, que puede considerarse ilimitado, están completamente definidos. Su utilización permite obtener una amplia y variada gama de servicios de valor añadido sobre el de conectividad básica, todos ellos ofrecidos sobre cualquier red de transporte, fija o móvil y de banda estrecha o de banda ancha. Entre ellos tenemos, agrupados por categorías, los siguientes:

- Servicios de encaminamiento y de traducción de número
- Llamada en espera
- Servicios de tarificación especial
- Servicios de redes privadas virtuales
- Servicios orientados al operador

La utilización de la Red Inteligente permite desplegar o cambiar rápidamente y de manera centralizada cualquier nuevo servicio en la red telefónica, lo que de otra forma es bastante complicado y costoso. Es por tanto una opción que todos los operadores contemplan tener en sus planes estratégicos y que la normalización de servicios hace que, aunque con ciertas dificultades y en algún caso adaptaciones, los desarrollos de un país sean trasladables a otros.

## Arquitectura de la red inteligente

La Red Inteligente basa su "inteligencia" en la adición de nodos de proceso, programables por software, asociados a los nodos de conmutación existentes; su arquitectura es modular y consta de una serie de bloques que se ocupan de la conmutación, proceso, gestión y despliegue del servicio.

En lugar de que la lógica del servicio, los servicios y su provisión se encuentren localizados en cada uno de los nodos de conmutación, con la tecnología de Red Inteligente, éstos se encuentran centralizados en los denominados SCP, con lo cual si se necesita actualizar un servicio basta con hacerlo en el software del SCP y no hay necesidad de hacerlo en todas y cada una de las centrales de la red telefónica.

En cada uno de los elementos de la red mencionados a continuación se encuentran las funciones asociadas al mismo.

- **SSP (Service Switching Point).** Localizado en la propia central telefónica, se encarga de enviar las llamadas a la RI (Red Inteligente) para realizar el encaminamiento y obtener información del proceso de llamada, mediante el sistema de señalización CCITT nº 7 (CCS7). Es el encargado en primer lugar de detectar y arrancar la ejecución de los diferentes servicios suministrados por la Red Inteligente y, en segundo lugar, de efectuar la conmutación y el manejo de los mismos, actuando como punto de interconexión con la RTB. Su número depende de la cantidad de servicios prestados.
- **STP (Service Transfer Point).** Es un nodo de conmutación de paquetes especializado en el transporte de mensajes de señalización CCS7 entre nodos de la red.
- **SCP (Service Control Point).** Es el nodo de la red que facilita el acceso a la base de datos y la lógica de proceso necesaria para responder a las llamadas generadas por el SSP, encargándose del tratamiento en tiempo real del servicio; soporta además la operación de servicios adicionales ofrecidos por una red telefónica empresarial. La función de control del servicio se coloca en el SCP, de esta forma cuando una llamada a un servicio de RI llega a él para ser tratada (disparador), se arranca un software específico para el mismo, que utiliza una interfaz definida y usa las capacidades del SCP para prestarlo, pudiendo tratar varios simultáneamente. El SCP se comunica con los SSP



a través de la red de señalización CCSS7, mediante el protocolo INAP (Intelligent Network Application Protocol) de ETSI.

- **SMS (Service Management System).** Proporciona información completa y segura a cada SCP, centralizando la recogida de estadísticas, medida del servicio, alarmas, etc. en definitiva se encarga de la gestión técnica y comercial de la RI. También, soporta el despliegue de nuevos servicios en la red. No interviene en el tratamiento en tiempo real de las llamadas a un servicio de RI, por lo que se conectan a los SCP a través de la red X.25 o cualquier otra que proporcione capacidad y velocidad suficientes. Los operadores pueden procesar las estadísticas obtenidas off line y suministrar informes mensuales a los usuarios.
- **SCE/P (Service Creation Environment/Point).** El objetivo de este módulo es facilitar la creación de servicios que luego van a ser desplegados en la red y la personalización de los ya existentes. Es un entorno de desarrollo de alto nivel que puede ser utilizado para la creación de nuevos servicios basándose en un conjunto de bloques funcionales independientes del servicio, denominados SIB (Service Independent Building Block). Un SIB es una especie de subrutina software que consiste de unas simples instrucciones y que constituye el bloque más pequeño dentro de un servicio.
- **IP (Intelligent Peripheral).** Son empleados para algunos servicios de valor añadido, facilitando servicios especializados de telecomunicación como es la mensajería vocal. Por ejemplo, uno de estos terminales puede enviar mensajes pregrabados a los usuarios al recibir de éstos comandos generados por un teléfono multifrecuencia (DTMF), o por medio de la voz, utilidad esta última válida para realizar una marcación automática. Se activan por el SSP ante una petición realizada por el SCP.

Esta arquitectura de red provee la plataforma para soportar una variada gama de servicios, basados en un proceso definido, lo que hace que el proveedor de los mismos se ocupe solamente de la aplicación, lo que junto a la utilización de normas estándar hace que equipos de diferentes suministradores puedan ser usados, e incluso aún mezclados. Esta plataforma hace posible además mover los servicios contenidos en un SCP a otro, de tal forma que los desarrollados en un determinado país pueden ser incorporados a otro muy fácilmente.

## CARACTERÍSTICAS DE DESEMPEÑO DE REDES VoIP

Voz sobre IP es una tecnología que las empresas están dispuestas a adoptar debido al ahorro que representa, además de ser una de las mejores tecnologías disponibles.

Como se sabe, en VoIP las llamadas telefónicas corren sobre la misma red que la computadora, en lugar de utilizar líneas telefónicas tradicionales, lo cual ofrece muchos beneficios a los proveedores de servicios, así como a los usuarios finales.

La característica más atractiva, hasta el momento, de Voz sobre IP es justamente la del ahorro de costos: las llamadas son enviadas sobre líneas de datos existentes eliminando la cuenta telefónica; de esta forma la distancia y duración de las llamadas ya no es relevante desde el punto de vista de los costos. Gracias a la telefonía IP (IPT) las aplicaciones que normalmente utilizan la línea telefónica -tales como el fax- pueden ser también agregadas a los sistemas VoIP.

Mientras esto representa una gran preocupación para los carriers de telefonía que han monopolizado el mercado por varios años, para quienes realizan llamadas de larga distancia es un desarrollo tecnológico de gran importancia, pues impacta a aquellas empresas cuyas cuentas telefónicas significan un gran porcentaje de sus gastos anuales. Las compañías de tecnología igualmente se han percatado de los beneficios que ofrece; de hecho, algunas estimaciones de la industria muestran que el 35% de todas las llamadas son conducidas en algún punto sobre VoIP, lo que ha ayudado a las compañías telefónicas a reducir costos, y a abrir sus puertas para ofrecer otros servicios no tradicionales.

Voz sobre IP es una tecnología que las empresas están dispuestas a adoptar debido al ahorro que representa, en tanto que el desempeño de una red VoIP está directamente relacionado a la planeación que se le dedique al sistema en su conjunto.

Por lo tanto, se tiene que planear detenidamente antes de implementar un sistema de Voz sobre IP; en el capítulo 2 se vio los siete pasos para implementar una red, donde se mencionó que hay que realizar una auditoría completa del desempeño del equipo activo y la infraestructura de la capa física antes de implementar el sistema VoIP sobre un cableado ya existente.

El propósito de una auditoría de la infraestructura es conocer el estado de la red de telecomunicaciones de la compañía. Es de gran importancia que esta auditoría sea realizada por un auditor certificado de infraestructuras de redes, quien está entrenado para investigar y encontrar errores en los nodos y en la capa física, determinando si la infraestructura es capaz de soportar un sistema de VoIP.

El beneficio de VoIP es que tanto voz como datos pueden correr sobre el mismo sistema de cableado y, por lo mismo, es crucial asesorarse con anticipación si el tráfico que incrementará afectará negativamente las aplicaciones existentes y las operaciones del negocio. Hay que preguntarse si la infraestructura de cableado actual ofrece el rendimiento de transmisión requerido para que el sistema opere adecuadamente.

Alentada por el deseo de ahorrar dinero, la gente usualmente se apresura a instalar un nuevo sistema de VoIP y posteriormente se sorprende por la calidad tan pobre de desempeño que afecta la red; se olvidan de que su infraestructura de cableado debe ahora soportar tanto voz como datos.

Una auditoría de la red debe ser tomada en cuenta por varias razones y es de particular importancia para las aplicaciones de VoIP, lo cual se debe a que la calidad de las transmisiones de paquetes de voz es más demandante que los paquetes de datos. El retraso de transmisión, pérdidas, fluctuaciones, desviaciones y otras variaciones deben ser mínimas; de esta forma, el primer paso para implementar un sistema de VoIP implica revisar y evaluar toda la infraestructura de redes, incluyendo el sistema de cableado.

Dependiendo del tipo de sistema que se planea implementar y de los mecanismos de transferencia que se utilicen en el sistema se deberá mejorar el equipo electrónico o agregar mayor capacidad al sistema operativo activo, es decir, se debe de preguntar si el desempeño, la velocidad y el rendimiento que se tiene son suficientes para manejar la demanda adicional.

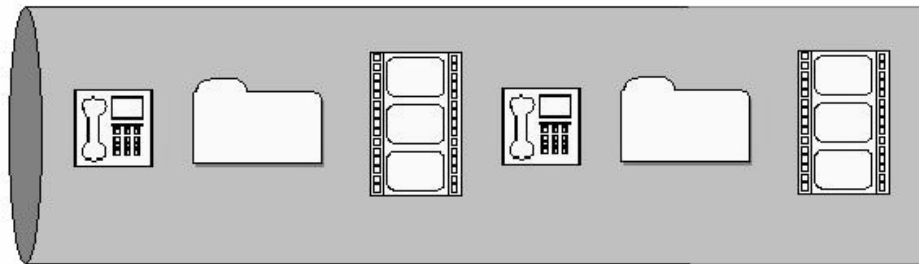
Es conveniente siempre el recordar que lo más recomendable es realizar una planeación adecuada y una auditoría del desempeño de la red para un buen desempeño de la misma.

## 3.1 Requerimientos de Ancho de Banda

El ancho de banda es un parámetro significativo que afecta la calidad de servicio. Hay dos tipos de ancho de banda: ancho de banda disponible y ancho de banda garantizado.

**ANCHO DE BANDA DISPONIBLE** - Todos los usuarios compiten por el ancho de banda disponible.

**ANCHO DE BANDA GARANTIZADO** - Garantizan un mínimo ancho de banda.



*Figura 3.1 Ancho de banda*

Cuando nos referimos al ancho de banda disponible decimos que el servicio comprado está típicamente disponible, pero no garantizado. Por ejemplo, un cliente compra 256 Kbps. Durante periodos de tiempo con poco tráfico dentro de la red, un usuario puede alcanzar los 256 Kbps, pero bajo tráfico de "horas pico" dentro de la red, el ancho de banda no se alcanza consistentemente. Varios operadores de red sobre-suscriben el ancho de banda en su red para maximizar el retorno de inversión de su infraestructura o utilizar menos ancho de banda. Esto no garantiza un ancho de banda consistente, así todos los usuarios compiten por el ancho de banda disponible.

Cuando hablamos de ancho de banda garantizado, implica que algunos proveedores ofrecen un servicio el cual garantiza un mínimo ancho de banda y excesos de ancho de banda (tiempo en que se excede el uso del ancho de banda).

Con un ancho de banda garantizado, los suscriptores obtienen un tratamiento preferencial sobre los suscriptores del ancho de banda disponible.

La calidad de servicio que se obtenga, ya sea con un ancho de banda disponible o garantizado, depende también de otros factores, como lo es la técnica de compresión de voz que se utilice.

Es recomendable comprimir la señal de voz cuando se usa VoIP sobre una conexión de poco ancho de banda. Existen diversas técnicas para la compresión de voz. Por ejemplo, el codec G.729 provee el mejor balance entre el ancho de banda y una calidad de voz aceptable.

La elección de alguno de los tres modelos de conmutación de paquetes actuales (Voz sobre IP, VoIP; Voz sobre Frame Relay, VoFR; Voz sobre Modo de Transmisión Asíncrona, VoATM) para la transmisión de voz, también afecta los requerimientos de ancho de banda.

### **Voz sobre Protocolo de Internet**

El modelo VoIP transmite datos sobre la red LAN y WAN usando el Protocolo de Internet (IP). IP es un protocolo de red de capa 3 orientado a la no conexión, es decir, sin la continua conexión entre sus puntos finales.

IP no hace ninguna presunción de protocolos subyacentes de capa 2. Los protocolos de capa 2 incluyen: Ethernet, ATM, PPP, Frame Relay y protocolos Wireless.

Cada paquete de VoIP es tratado como una unidad de datos independiente. Cada computadora, o host tiene al menos una dirección IP que lo identifica únicamente de todas las demás computadoras de Internet. Un paquete VoIP contiene la dirección de Internet del remitente y la dirección de Internet del receptor.

### **Voz sobre Frame Relay**

Frame Relay (FR) es un protocolo WAN de capa 2 para redes de paquetes de alta velocidad. FR transmite datos en unidades de longitud variable llamadas frames, sobre un circuito virtual permanente (PVC) que conecta localidades alejadas.

En el frame de Frame Relay hay 6 bytes de encabezado por frame. Esta pequeña cantidad de bytes hace a FR una elección atractiva para la comunicación. El campo de dirección puede variar de dos a cuatro bytes de longitud. El encabezado puede ser ajustado para redes grandes que requieran direcciones adicionales.

### **Voz sobre Modo de Transmisión Asíncrona**

El Modo de Transmisión Asíncrona (ATM) es un protocolo LAN/WAN de capa 2. ATM transmite datos en unidades de longitud fija llamadas células, las cuales tiene un tamaño de 53 bytes.

Durante la transmisión, ATM crea un canal fijo, o ruta, entre dos puntos. Esto facilita la tarificación y el cobro a través de una red ATM, pero lo hace menos adaptable en cuanto a incrementos rápidos en el tráfico de la red.

ATM no ofrece garantía de priorización, a menos que el cliente haya comprado un servicio de Tasa de Transmisión Constante (CBR – Constant Bit Rate). El CBR provee un canal dedicado con un ancho de banda fijo, basado en las necesidades de la aplicación.

Como se menciono anteriormente, ATM usa paquetes de longitud fija, o célula, para el transporte. La célula ATM tiene un encabezado de 5 bytes y una carga útil de 48 bytes (haciendo un total de 53 bytes). ATM también tiene un encabezado adicional de hasta el 15% para información de encabezado asociado con transmisiones de VoIP. Esto impacta en como el frame es segmentado y en el codec usado. No existe un procedimiento de chequeo de errores. Sin embargo, el encabezado incluye un mecanismo de chequeo de errores para asegurar la entrega al destino correcto.

El ancho de banda requerido esta directamente relacionado al tamaño del muestreo de la voz y a la velocidad del codec usado. Generalmente, mientras menor sea la muestra de la voz, mayor será el número de paquetes necesitados.

Para calcular aproximadamente el ancho de banda requerido para los diferentes estándares de compresión, se utiliza la siguiente fórmula:

$$\left( \text{Bytes carga útil de voz} + \text{Encabezado IP} \right) \times \left( \text{Paquetes IP generados por segundo de voz} \right) \left( 8 \frac{\text{bits}}{\text{byte}} \right)$$

*Ecuación 3.1 Cálculo aproximado del ancho de banda*

Debido a que el modelo de VoIP usa la red pública, protocolos adicionales son requeridos para asegurar la entrega de paquetes a tiempo. Algunos de estos protocolos incluyen User Datagram Protocol (UDP), Real-Time Protocol (RTP) y Real-Time Control Protocol (RTCP). Así que al ancho de banda, en este caso, se le debe agregar el encabezado IP, UDP y RTP.

En la tabla 3.1 se muestran los codec más utilizados y su ancho de banda efectivo.

CODEC	TAMAÑO DE MUESTREO (VOZ)	ANCHO DE BANDA EFECTIVO
G.711	5 ms = 40 bytes	128 Kbps
G.711	10 ms = 80 bytes	96 Kbps
G.711	20 ms = 160 bytes	80 Kbps
G.729 A/B	5 ms = 5 bytes	72 Kbps
G.729 A/B	10 ms = 10 bytes	40 Kbps
G.729 A/B	20 ms = 20 bytes	24 Kbps

*Tabla 3.1. Cálculo del ancho de banda para diferentes estándares de compresión*

Los algoritmos de compresión, como G.729 y G.723 son previstos para reducir el ancho de banda requerido. Pero la llave del éxito está en seleccionar un codec que satisfaga los requerimientos tanto del ancho de banda como de la calidad de voz.

## Calidad de Voz contra Reducción del Ancho de Banda

Los parámetros que se ven afectados al reducir el ancho de banda, son principalmente:

- Retardo fin-a-fin (latencia)
- Distorsión en la calidad de voz

La tabla 3.2 [2] muestra que el resultado de incrementar la compresión de voz es incrementar el retardo y disminuir la calidad de voz.

CODEC	TIEMPO DE MUESTRO	RETARDO DE CONTINUIDAD	RETARDO MINIMO, ALGORITMO DE COMPRESIÓN	CALIDAD DE VOZ
G.711 (64 kbps)	125 ms	No aplica	125 ms	Calidad total
G.729 (8 kbps)	10 ms	5 ms	15 ms	Calidad limitada
G.723 (5.38/6.3 kbps)	30 ms	7.5 ms	37.5 ms	De regular a bueno.

*Tabla 3.2. Funcionamiento de los CODECs de voz con base en los estándares de compresión*

A pesar de que existen diversos CODECs que se pueden seleccionar, los CODECs más frecuentemente utilizados son el G.711 y el G.729.

Aunque algunos codecs tienen un elevado algoritmo de compresión de retardo (tiempo de codificación y decodificación), todas las redes experimentan cierto retardo.

Los dos tipos principales de retardos que experimentan las redes son la latencia y el jitter. Sin embargo, también las redes experimentan la pérdida de paquetes.

La latencia es un valor fijo, y es el tiempo entre la generación de un sonido en un extremo y la recepción del sonido en el otro extremo.

Algunos factores que influyen en el retardo fin-a-fin son:

- El procesamiento: tiempo requerido para codificar, paquetizar, y decodificar la transmisión.
- Propagación: distancia entre la fuente y el destino.
- Red de transmisión de datos: velocidad del enlace (por segmento de red).

El retardo variable (jitter) es dinámico. El jitter produce espacios en la conversación debido al flujo variable de datos. Los factores que impactan al jitter son:

- Desempeño de la red durante condiciones pico
- Contención de los paquetes en los dispositivos de la red
- Velocidad del enlace
- Tamaño de los paquetes de voz y datos
- Tamaño de los router buffers

El tiempo de empaquetamiento tiene un impacto significativo en la percepción de la calidad de voz. Para mejorar sobre todo la calidad de servicio (QoS), es vital detectar el retardo y compensarlo. Técnicas como, el hacer fila y asignar prioridades, pueden mejorar significativamente el desempeño de la red y la calidad de voz.

El retardo debe estar entre 150 y 200 ms para evitar complicaciones, claro dependiendo del tipo de aplicación y de los requerimientos del cliente.

## Calculando Ancho de Banda

La selección del codec impacta en el encabezado del paquete y por consecuencia en el ancho de banda; sin embargo, existe otro factor importante, el cual tiene que ver con la tecnología de red de la capa de transmisión de datos.

Por ejemplo, asumiendo un encabezado IP base de 40-byte

- Si se está usando un enlace de Protocolo Punto-a-Punto (PPP), se le agrega 8 bytes al tamaño base del encabezado, para un encabezado total de 48 bytes



- Si se está usando un enlace Frame Relay, se le agrega 6 bytes al encabezado base para un encabezado total de 46 bytes. (Si se está usando una dirección Frame Relay mayor, este valor aumenta).
- Si se está usando Ethernet (802.3), se le agregan 18 bytes al tamaño del encabezado base, para un encabezado total de 58 bytes. (Si se está usando etiquetamiento 802.1Q, este valor será mayor).

En la tabla 3.3 [2] se muestra de manera resumida esta información.

CODEC	MUESTRO (ms)	ENCABEZADO IP (IP/UDP/RTP)	802.3	FRAME RELAY	PPP	ATM (IP/AAL-5)	ATM (AAL-5)
G.711	10	40	18	6	8	39	26
G.711	20	40	18	6	8	65	52
G.711	30	40	18	6	8	38	78
G.711	40	40	18	6	8	64	51
G.711	60	40	18	6	8	63	103
G.729 A/B	10	40	18	6	8	56	43
G.729 A/B	20	40	18	6	8	46	33
G.729 A/B	30	40	18	6	8	36	23
G.729 A/B	40	40	18	6	8	26	13
G.729 A/B	60	40	18	6	8	59	46

*Tabla 3.3. Impacto de la capa de enlace en el encabezado*

Los parámetros de la tabla 3.3 se requieren conocer para determinar el ancho de banda requerido. A continuación, dos ejemplos de cómo calcular el ancho de banda utilizando la ecuación 3.1 y los parámetros de la tabla 3.3.

1. Suponiendo que se tienen los parámetros siguientes, calcular el ancho de banda

CODEC G.711 = 64 kbps  
 Carga de voz (muestra) = 10 ms (80 bytes)  
 Encabezado IP = 40 bytes  
 Tipo de enlace = 802.3 (Ethernet) 18 bytes  
 Paquetes IP por segundo = 100

Utilizando la ecuación 3.1, tenemos que:

$$\text{Ancho de banda} = (\underbrace{80}_{\text{bytes carga útil}} + \underbrace{58}_{\text{encabezado IP}}) \times (\underbrace{100}_{\text{paquetes IP generados}}) (8) = 110400 = 110.4 \text{ kbps}$$

2. Considerando los parámetros para un CODEC G.729, calcular el ancho de banda

CODEC G.729 = 8 kbps  
 Carga de voz (muestra) = 10 ms (10 bytes)  
 Encabezado IP = 40 bytes  
 Tipo de enlace = PPP 8 bytes  
 Paquetes IP por segundo = 100

$$\text{Ancho de banda} = (10 + 48) \times (100) (8) = 46400 = 46.4 \text{ kbps}$$

	G.711				G.729	
Tasa de Transmisión CODEC	<b>64 KBPS</b>				<b>8 KBPS</b>	
Muestra voz (ms)	10	20	30	10	20	30
Tamaño carga útil, IP (bytes)	80	160	240	10	20	30
Tamaño paquete IP (encabezado 40 byte)	120	200	280	50	60	70
<b>ETHERNET</b>						
Bytes Ethernet (por paquetes)	150	230	310	80	90	100
Ancho de banda Ethernet por flujo de voz (Kbps)	130	96.8	85.9	73.6	40.8	29.9
Número de llamadas de voz, asumiendo 50% del enlace para tráfico de voz						
10 Mbps	38	51	58	67	122	167
100 Mbps	385	516	582	679	1225	1674
1 Gbps	3858	5165	5823	6793	12254	16742
<b>FRAME RELAY</b>						
Bytes Frame Relay (por paquetes)	124	204	284	54	64	74
Ancho de banda FR por flujo de voz (Kbps)	100	82.0	76.0	44.0	26.0	20.0
Número de llamadas de voz, asumiendo 50% del enlace para tráfico de voz						
64 Kbps	0	0	0	0	1	1
128 Kbps	0	0	0	1	2	3
384 Kbps	1	2	2	4	7	9
512 Kbps	2	3	3	5	9	12
1.54 Mbps	7	9	10	17	29	38
2.048 Mbps	10	12	13	23	39	51
45 Mbps	225	274	296	511	865	1125
<b>ATM</b>						
Células ATM requeridas	3	5	6	2	2	2
Carga útil ATM en bytes (por paquete)	120	200	280	50	60	70
Ancho de banda ATM por flujo de voz (Kbps)	127.2	106.0	84.8	84.8	42.4	28.3
Número de llamadas de voz, asumiendo 50% del enlace para tráfico de voz						
1.54 Mbps	6	7	9	9	18	27
2.048 Mbps	8	9	12	12	24	36
45 Mbps	176	212	265	265	530	796
155 Mbps	609	731	914	914	1827	2742

Tabla 3.4 Requerimientos de ancho de banda

En la tabla 3.4 se muestran los requerimientos de ancho de banda por llamada y el número máximo de llamadas de voz, dependiendo del codec, la carga de voz y la velocidad de enlace para redes Ethernet, Frame Relay y ATM.

Es importante hacer notar que se asume un 85% del rendimiento de procesamiento teórico.

Los datos anteriores nos son de utilidad, pues una vez que se conoce el tipo de codec a utilizar, la velocidad del enlace y la carga de los paquetes, asumiendo un porcentaje de disponibilidad, es factible determinar tanto el ancho de banda como la cantidad de llamadas que se podrían manejar.

Supóngase, como ejemplo, que se tienen los siguientes parámetros, calcular cuántas llamadas simultáneas se pueden realizar en el enlace.

CODEC G.729 = 8 Kbps  
 Carga útil de paquetes de voz = 10 ms  
 Enlace Frame Relay de 1.544 Mbps  
*NOTA:* Asumiendo un 50% de la utilización del enlace

Como primer paso, calcular el ancho de banda utilizando la ecuación 3.1

De la tabla 3.4 vemos que si tenemos 10 ms de muestreo significa que tenemos 10 bytes de carga útil.

Asumiendo un encabezado base IP de 40 bytes, al utilizar Frame Relay a ese encabezado se le agregan 6 bytes, por lo que FR = 46 bytes de encabezado IP

Los paquetes IP generados en un segundo son 100.

Sustituyendo estos datos en la ecuación 3.1, tenemos que el ancho de banda de una llamada sería:

$$\text{Ancho de banda} = (10 + 46) \times (100) (8) = 44\,800 \text{ bps}$$

Dado que se tiene un canal de 1.544 Mbps, tenemos que el número de llamadas que se podrían hacer son:

$$\frac{1.544 \text{ Mbps}}{44.8 \text{ kbps}} = 34.464 \text{ llamadas}$$

Pero como sólo se usa el 50% del ancho de banda para llamadas de voz, se tiene que el número de llamadas de voz que se podrían realizar son:

$$34 \text{ llamadas} \left( \frac{50}{100} \right) = 17 \text{ llamadas}$$

Siendo este el mismo resultado que se encuentra en la tabla anterior.

## 3.2 Calidad de Voz

La calidad de voz es la prueba más subjetiva de éxito en la implementación de redes VoIP. Para el diseño de la red es necesario contar con un perfil en la calidad de voz, considerando el retardo. Una vez que dichas redes son implementadas es importante monitorear la calidad de voz. Para ello existen dos modelos que comúnmente son utilizados, ellos son:

- Mean Opinion Score (ITU P.800)
- Modelo E (ITU G.107)

### Mean Opinion Score

Se puede evaluar la calidad de voz en dos maneras: subjetivamente y objetivamente. La percepción humana es una evaluación subjetiva, mientras las computadoras – las cuales son menos probables a ser *engañadas* por esquemas de compresión que engañan al oído humano, realizan una evaluación objetiva de la voz.

Los codecs son desarrollados basados en medidas subjetivas para la calidad de voz. Estándares de medidas de calidad objetivas, tales como distorsión armónica y relaciones señal a ruido, no se correlacionan bien a la percepción humana de la calidad de voz, la cual al final es usualmente el objetivo de la mayoría de las técnicas de compresión de voz.

Una medida subjetiva para cuantificar el desempeño de un codec de voz es el *Mean Opinion Score (MOS)*. Las pruebas MOS son dadas a un grupo de escuchas. Porque la calidad de voz y el sonido en general son subjetivos a la persona, es importante tener un amplio rango de escuchas y material de muestra cuando se lleva a cabo una prueba MOS. Los escuchas le dan a cada muestra de material una clasificación del 1 (malo) al 5 (excelente). Los resultados son el promedio de los MOS obtenidos.

Las pruebas MOS también son usadas para comparar que tan bien trabaja un codec en particular bajo varias circunstancias, incluyendo diferentes niveles de ruido de fondo, múltiples codificadores y decodificadores, etcétera. Este dato se puede usar para compararlo contra otros codecs.

Por lo que el Mean Opinion Score (MOS) es una clasificación subjetiva usada para clasificar la calidad de voz. Ello hace uso de los siguientes patrones:

NOTA	CALIDAD	ESFUERZO DE ESCUCHA	DEGRADACIÓN
5	Excelente	Posible relajación completa, no requiere ningún esfuerzo	Inaudible
4	Buena	Atención necesaria, no se requiere esfuerzo apreciable	Audible pero no molesta
3	Aceptable	Se necesita esfuerzo moderado	Ligeramente molesta.
2	Mediocre	Se necesita esfuerzo considerable	Molesta
1	Mala	Cualquier esfuerzo no permite comprender	Muy molesta

*Tabla 3.5 Evaluación de una conversación de voz, MOS*

Un MOS de 4.0 es considerado bueno. Un MOS de 3.6 o menos es considerado pobre. La evaluación MOS para diversos codecs de la ITU-T se muestra a continuación:

MÉTODO DE COMPRESIÓN	TASA DE TRANSMISIÓN (Kbps)	TIEMPO DE MUESTRO (ms)	CALIFICACIÓN SCORE
G.711 PCM	64	0.125	4.1
G.726 ADPCM	32	0.125	3.85
G.728 LD-CELP <sup>1</sup>	15	0.625	3.61
G.729 CS-ACELP <sup>2</sup>	8	10	3.92
G.729 <sup>a</sup> CS-ACELP	8	10	3.7
G.723.1 MP-MLQ	6.3	30	3.9
G.723.1 ACELP	5.3	30	3.65

*Tabla 3.6 Calificación MOS de los CODEC ITU-T*

A pesar que la evaluación MOS es un método subjetivo de determinar la calidad de voz, no es el único método de hacerlo. La ITU-T modificó la recomendación P.861, la cual cubre maneras en las que se puede determinar objetivamente la calidad de voz, usando Medida Perceptiva de la Calidad de Conversación (PSQM, por sus siglas en inglés).

PSQM tiene varias desventajas cuando se usa con codecs de voz (vocoders). Una desventaja es que lo que la *máquina* o PSQM escucha no es lo que los humanos perciben. En términos sencillos, una persona puede engañar al oído humano percibiendo una alta calidad de voz, pero no a una computadora. También PSQM fue desarrollado para *escuchar* fallas causadas por la compresión, descompresión y no por la pérdida de paquetes o por jitter.

## Modelo E

El Modelo E es una herramienta en el planeamiento de la transmisión para estimar la satisfacción del usuario de una conversación telefónica de banda estrecha (300 a 3400 Hz), tal como es percibida por el usuario. Este modelo está definido en la ITU G.107.

<sup>1</sup> LD – CELP son las siglas en inglés de Código Predictivo de Excitación Lineal de Bajo Retardo

<sup>2</sup> CS – ACELP son las siglas en inglés de Código de Estructura Algebraica Conjunta con Excitación Lineal Predictiva

El modelo E es un modelo informático, que ha demostrado ser útil como herramienta de planificación de sistemas de transmisión para evaluar los efectos combinados de las variaciones de diversos parámetros de transmisión que afectan a la calidad de la conversación<sup>3</sup> telefónica.

El resultado del Modelo E es el Factor de Determinación de Índices R. En términos generales, el Modelo E es satisfactorio para redes VoIP.

La escala es típicamente entre 50 y 94, donde todo lo que esté debajo de 50 es claramente inaceptable y todo lo que esté arriba de 94.5 (valor máximo en el Modelo E G.107 versión 19, valor de default a 0 ms) es no obtenible en telefonía de banda estrecha.

R es calculado derivado de un número de parámetros, tales como intensidad, eco, y retardo, pero también toma en cuenta los efectos de pérdida de paquetes y la velocidad de los codecs de compresión con los factores inherentes de las fallas de equipo.

En la figura 3.2 se muestran los parámetros que considera G.107

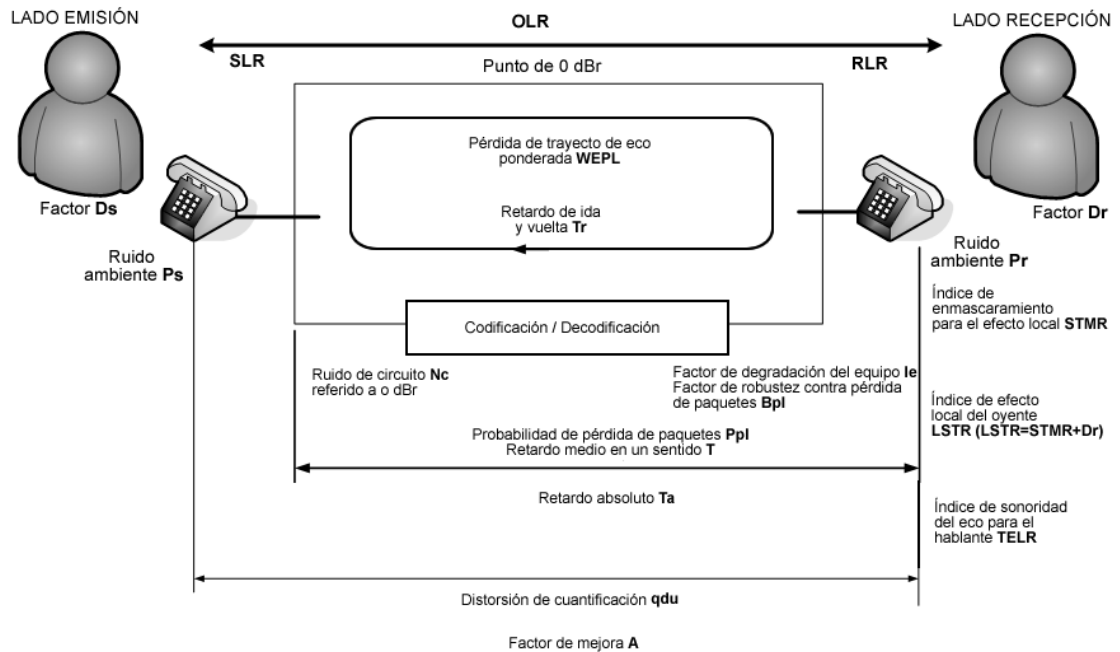


Figura 3.2 Conexión de referencia del modelo E <sup>13</sup>

<sup>3</sup> En este contexto, la calidad de la conversación hace referencia a las características de transmisión, por ejemplo, tiempos de transmisión prolongados, efectos del eco para el hablante, etc. El modelo E no está destinado a modelar las degradaciones de transmisión en situaciones de conversación simultánea.

La ecuación 3.2 es básica del modelo E:

$$R = R_0 - I_s - I_d - I_e + A$$

*Ecuación 3.2 Factor de Determinación de Índices, R*

$R_0$  representa en principio la relación señal/ruido básica que incluye fuentes de ruido, tales como ruido de circuito y ruido ambiente. El factor  $I_s$  es una combinación de todas las degradaciones que aparecen de forma más o menos simultánea con la señal vocal, como el eco. El factor  $I_d$  representa las degradaciones producidas por el retardo y el factor de degradación efectiva del equipo,  $I_e$ , representa las degradaciones producidas por codecs de velocidad binaria baja. Incluye también la degradación debida a pérdidas de paquetes de distribución aleatoria. El factor de mejora  $A$  permite compensar los factores de degradación cuando existen otras ventajas de acceso para el usuario.

El valor mínimo recomendado para R es 70. Un Valor R menor a 50 es considerado inaceptable. Una vez que el valor R es obtenido, éste puede ser mapeado para obtener un valor MOS estimado, ya que es probable que, en algunos casos, los planificadores de sistemas de transmisión no estén familiarizados con la utilización de medidas de calidad tales como el factor de determinación de índices, R. En la figura 3.3 se puede observar este mapeo.

R	MOS
100	5.0
94	4.4
90	4.3
80	4.0
70	3.6
60	3.1
50	2.6

*Figura 3.3 Valor R contra MOS*

## 3.3 Parámetros que impactan el tráfico de la red IP

La mayoría de las redes de datos están estructuradas para tratar todo el tráfico de la misma manera. El tráfico puede experimentar diferentes cantidades de retardos y pérdidas de paquetes en cualquier momento. Debido a esta estructura, las redes de datos son referenciadas como redes del “mejor esfuerzo”. Esto puede ocasionar una baja calidad de voz. En contraste, las redes de voz son estructuradas para que el tráfico experimente una cantidad de tiempo fijo de retardo y esencialmente que no tenga pérdidas de paquetes. Esto ocasiona una alta calidad de voz.

En este capítulo se identificarán algunas cuestiones claves que se toman en cuenta al desarrollar una solución de VoIP en una red LAN y WAN. Así mismo se describirán algunas técnicas para alcanzar una Calidad de Servicio Fin-a-Fin.

Existen varios factores que afectan el flujo de tráfico y, en consecuencia la Calidad de Servicio. Aunque ya se han mencionado algunos de ellos, ahora se analizarán en conjunto.

### Factores que impactan a QoS

QoS envuelve un amplio rango de tecnologías, arquitecturas, y protocolos.

Los operadores de red alcanzan una calidad de servicio de principio a fin asegurando que los elementos de la red apliquen tratamientos constantes al flujo de tráfico a través de la red.

Sin embargo, QoS para VoIP depende mayormente de los siguientes parámetros:

- Retardo/Latencia
- Jitter
- Muestro digital
- Compresión de voz
- Eco
- Pérdida de paquetes
- Detección de la actividad de voz
- Conversión digital-analógica
- Codificación Tandem



- Protocolos de transporte
- Diseño del plan de marcación

## Retardo/Latencia

El retardo VoIP es caracterizado como la cantidad de tiempo que toma a la conversación salir de la boca de hablante y llegar al oído del receptor.

Los diferentes tipos de retardos que afectan a VoIP son:

**Retardo de propagación.** Es causado por la velocidad de la luz en redes de fibra óptica o de cobre. Dado que la luz viaja en el vacío a una velocidad de  $3 \times 10^8$  metros por segundo, y los electrones viajan a través de la fibra aproximadamente a  $2 \times 10^8$  metros por segundo. El tendido de una red de fibra óptica alrededor de la mitad del mundo ( $21 \times 10^6$  metros) induce un tipo de retardo aproximado de 70 ms. A pesar de que este retardo es imperceptible al oído humano, el retardo de propagación en conjunto con el retardo de manejo puede ocasionar una sensible degradación de la conversación.

**Retardo de manejo.** Los dispositivos que retornan el frame a través de la red causan un retardo de manejo. El retardo de manejo puede impactar redes telefónicas tradicionales, pero estos retardos son mayores en ambientes de paquetización.

En productos CISCO, el procesador digital de la señal, DSP, genera una muestra cada 10 ms cuando se usa G.729. Dos de estas muestras de conversación (ambas con 10 ms de retardo) son entonces colocadas dentro de un paquete. El retardo del paquete es, por lo tanto, 20 ms. Un encabezado inicial de 5 ms ocurre cuando usando G.729, da un retardo inicial de 25 ms para el primer frame de voz.

Los vendedores pueden decidir cuántas muestras de voz se quieren enviar en un solo paquete. Porque G.729 usa 10 ms en muestreo de voz, cada incremento en el muestreo aumenta, por frame, el retardo en 10 ms. De hecho, Cisco habilita a sus usuarios para elegir cuántas muestras de voz se ponen en cada frame.

En el caso de Cisco, él da muchas responsabilidades al DSP para fragmentar y formar paquetes y así garantizar un encabezado de ruteo bajo. El encabezado del protocolo RTP (Real Time Transport Protocol), por ejemplo, es puesto en los frames del DSP en vez de darle el ruteo de una tarea.

**Retardo de fila.** Se produce debido al tiempo necesario para mover el paquete actual a la salida de la fila (conmutación del paquete) y el tiempo en que tarda en salir. Cuando los paquetes son retenidos en una fila debido a la congestión de una interfaz saturada, este retardo se incrementa. El retardo de fila ocurre cuando más paquetes de los que la interfaz puede manejar son enviados en un determinado momento.

Este tipo de retardo se puede disminuir por medio de un buen software que determine y mueva los paquetes a su destino.

En redes congestionadas, no administradas correctamente, el retardo de fila puede adicionar hasta dos segundos de retardo (o provocar que la red se caiga). Este período de retardo es inaceptable en casi cualquier red de voz.

Algunas técnicas para compensar el retardo son:

- *Distinción de Servicios*: permite definir diferente clases de servicio y mecanismos de QoS para paquetes (Capa 3)
- *Protocolo de Reservación de Recursos*: permite a los receptores reservar una porción dedicada del ancho de banda de la red.
- *Estándar 802 Ethernet*: permite administrar un congestionamiento en el puerto LAN y niveles de usuario – 802.1p y 802.1Q (Capa 2).
- *Puerto base prioritario*: permite configurar un switch capa 2 para darle prioridad a todo el tráfico originado desde un puerto específico; por ejemplo, un gateway VoIP.
- *Separación de tráfico*: permite separar voz y datos por medio de una LAN virtual (VLAN).
- *Direcciones IP prioritarias*: permite darle prioridad a todos los paquetes originados desde una dirección IP específica.

### Jitter

Jitter es la variación en el tiempo de arribo de los paquetes. El jitter es una cualidad que se encuentra presente únicamente en las redes de conmutación de paquetes. Mientras en un ambiente de paquetes de voz, el remitente espera transmitir paquetes de voz a un intervalo regular de tiempo (por ejemplo, enviar un frame cada 20 ms). Estos paquetes pueden ser retenidos a través de la red de paquetes y no llegar con el mismo intervalo regular a la estación receptora (por ejemplo, ellos no se reciben cada 20 ms).

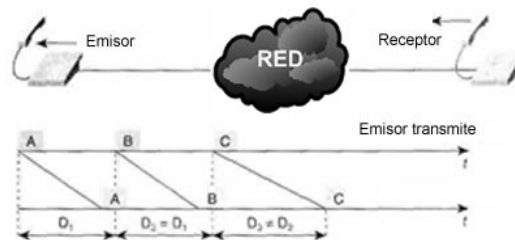


Figura3.4 Variación en el tiempo de arribo de los paquetes (Jitter) <sup>3</sup>

En la figura 3.4, se puede ver que la cantidad de tiempo que le toma a los paquetes A y B en ser enviados y recibidos es igual ( $D1 = D2$ ). El paquete C encuentra retardo en la red, por lo que es recibido *después* del tiempo esperado. Esta es la razón por la cual un almacenador intermedio (*jitter buffer*), el cual encubre la variación en el tiempo de llegada, es necesario.

Es conveniente aclarar que el jitter y el retardo total no son la misma cosa, aunque tener un jitter abundante en una red de paquetes puede incrementar la cantidad total del retardo en la red. Esto es porque a mayor jitter, el tamaño del jitter buffer tiene que ser más grande para compensar la naturaleza impredecible de la red de paquetes.

Si la red de datos está bien diseñada y se toman las precauciones necesarias, el jitter normalmente no es mayor problema y el jitter buffer no tendrá una contribución significativa en el retardo total.

Aunque muchos vendedores eligen usar un jitter buffer estático, un buen diseño ingenieril de un jitter buffer dinámico es el mejor mecanismo para usarse en redes de voz basada en paquetes. Buffers de jitter estático fuerzan al buffer ha ser demasiado grande o demasiado pequeño, de tal manera de sacrificar la calidad de audio, debido a los paquetes perdidos o retrasados. Los buffers dinámicos se incrementan o decrementan con base en la variación del tiempo de arribo de los últimos paquetes.

## Modulación

Aunque las comunicaciones analógicas son ideales para las comunicaciones humanas, la transmisión analógica no es robusta ni eficiente al recuperarse desde una línea ruidosa. En los inicios de la red telefónica, cuando una transmisión analógica era pasada a través de un amplificador, no sólo la voz era amplificada sino también el ruido de la línea era amplificado. Este ruido terminaba en una frecuente conexión inservible.

Es mucho más fácil para el muestro digital, el cual está compuesto de 1's y 0's, ser separado del ruido de línea. Por lo tanto, cuando señales analógicas son regeneradas como muestras digitales, un sonido claro se mantiene.

La Modulación por Codificación de Pulsos (PCM) convierte los sonidos analógicos en formatos digitales, al muestrear los sonidos analógicos 8 000 veces por segundo y convirtiendo cada muestra en un código binario. El Teorema de Nyquist establece que si el muestro de una señal analógica es al menos dos veces la frecuencia máxima de transmisión de la señal de interés, se puede reconstruir exactamente la señal en formato analógico.

Debido a que la mayor parte del contenido de la voz está por debajo de los 4 000 Hz (4 KHZ), una velocidad de muestro de 8 000 veces por segundo (125  $\mu$ s entre muestras) es requerido.

## Compresión de voz

La compresión de la voz trabaja bajo el esquema de lograr una reducción significativa de la cantidad de *bytes* y de la consiguiente disminución de la velocidad en bit/s necesaria para la transmisión de la voz.

En condiciones normales de transmisión de voz, se utiliza una tasa de muestreo de 8000 datos por segundo, codificándola en 8 bits, por lo que se necesita 64 kbps de capacidad de transmisión. Con los métodos de compresión utilizados actualmente, se necesitan sólo de 8-13 kbps de capacidad y la señal está catalogada como buena.

Todas las técnicas de compresión de voz están basadas en dos operaciones intrínsecas:

- Eliminar la redundancia
- Eliminar la irrelevancia

La primera operación utiliza predicciones o transformaciones para eliminar los datos redundantes, lo cual reduce el ancho de banda necesario para la señal. La segunda operación reduce el ancho de banda realizando una cuantización de, ya sea los componentes de la predicción (o su error) o de los coeficientes de la transformación. Obteniendo una señal parecida a la original, pero siempre con un grado de distorsión o error de reconstrucción.

Al aumentar la compresión, es necesario que el codificador minimice la percepción del error utilizando propiedades inherentes al habla humana. Esto quiere decir que el mismo nivel de error de la distorsión es percibido de distinta manera si es aplicado a señales de voz con distinta energía y bandas de frecuencia.

Dos variaciones básicas de PCM 64 kbps son comúnmente usadas: Ley A y Ley  $\mu$ . Los métodos son similares en que ambos usan compresión logarítmica para alcanzar de 12 a 13 bits de calidad lineal PCM en 8 bits, pero ellos son diferentes relativamente en detalles de menor importancia en la compresión (Ley  $\mu$  tiene una leve ventaja en el funcionamiento de entradas de bajo nivel en cuanto a relación señal a ruido se refiere). Su uso se remonta históricamente a lo largo de países y fronteras, Norteamérica utilizan la Ley  $\mu$  y Europa usa Ley A. Es importante hacer notar que cuando se hace una llamada de larga distancia, cualquier requerimiento de conversión de ley  $\mu$  a ley A es responsabilidad del país de ley  $\mu$ .

Otro método de compresión usado frecuentemente es ADPCM (Adaptive Differential Pulse Code Modulation). Un método comúnmente usado en lugar de ADPCM es ITU-T G.729, el cual codifica usando 4 bits, dando una tasa de transmisión de 32 kbps. En contraste con PCM, los 4 bits no

codifican directamente la amplitud de la voz, ellos codifican la diferencia en amplitud, también como la tasa de cambio de esa amplitud; empleando algunas herramientas rudimentarias de predicción lineal.

PCM y ADPCM son ejemplos de codificación de forma de onda – técnicas de compresión que explota las características de redundancia de la misma forma de onda. Nuevas técnicas de compresión fueron desarrolladas en los últimos 10 o 15 años, estas técnicas emplearon procedimientos de procesamiento de señal que comprimen la voz al enviar solo parámetros simplificados de la información acerca de la excitación original de la conversación y del tracto vocal, requiriendo menos ancho de banda para transmitir esa información.

Esas técnicas pueden ser agrupadas generalmente como codecs fuente e incluir variaciones reales como codificación lineal predictiva (LPC), compresión lineal predictiva con código excitado (CELP), y cuantización multipulso multinivel (MP-MLQ).

Los esquemas de codificación de los estándares de la ITU-T como son CELP, MP, MLQ, PCM y ADPCM se encuentran en la serie G de recomendaciones. Los estándares de codificación de voz más populares para telefonía y paquetes de voz incluyen:

- **G.711.** Describe la técnica de codificación de voz PCM 64 kbps. En G.711 la voz codificada está ya en formato correcto para entregar la voz digitalmente en redes telefónicas públicas o a través de PBXs (Private Branch eXchanges).
- **G.726.** Describe codificación ADPCM a 40, 32, 24 y 16 kbps; se puede intercambiar voz ADPCM entre redes de paquetes de voz y teléfonos públicos o PBX, con tal que el último tenga capacidad ADPCM.
- **G.728.** Describe una variación de la compresión de voz CELP de bajo retardo a 16 kbps
- **G.729.** Describe compresión CELP que permite a la voz ser codificada en paquetes de 8 kbps; dos variaciones de este estándar (G.729 y G.729 Anexo A) difieren ampliamente en complejidad computacional, y ambas generalmente proveen calidad en la conversación tan buena como en ADPCM 32 kbps.
- **G.723.1.** Describe una técnica de compresión que se puede usar para comprimir voz u otros componentes de las señales de audio de servicios multimedia a una baja velocidad de transmisión, como parte de la familia de estándares H.324. Dos tasas de transmisión son asociadas con este código: 5.3 y 6.3 kbps. La tasa de transmisión mayor está basada en la tecnología MP-MLQ y provee una calidad mayor. La tasa de transmisión menor está basada en CELP, provee buena calidad y produce diseños de sistemas con flexibilidad adicional.

## Eco

El eco en una conversación telefónica puede ser desde algo muy ligero hasta algo intolerable que haga una conversación inaudible.

Escuchar nuestra propia voz en el receptor mientras estamos hablando es algo común, pero escuchar nuestra voz en el receptor después de un retraso de aproximadamente 25 ms, puede causar interrupciones e interrumpir la cadencia de la conversación.

El eco puede ser alto o largo. El eco prolongado y con un nivel alto, por supuesto, causa la mayor molestia.

Este problema se soluciona colocando supresores o canceladores de eco. Para entender como trabajan los canceladores de eco, lo mejor es entender primero de dónde proviene el eco.

En este ejemplo, se asume que el usuario A le habla al usuario B. La conversación del usuario A al usuario B es llamada G. Cuando G golpea una unión mal hecha de la impedancia u otros ambientes causantes de eco, la conversación regresa al usuario A. El usuario A puede entonces escuchar el retardo varios milisegundos después que el usuario A ha hablado.

Para eliminar el eco desde la línea, el dispositivo del usuario A que está hablando a través del router A guarda una imagen inversa de la conversación del usuario A por un tiempo determinado. Esto es llamado como *conversación invertida* (-G). El cancelador de eco escucha los sonidos provenientes del usuario B y resta -G para eliminar cualquier eco.

Los canceladores de eco están limitados por la cantidad total de tiempo que se debe esperar para que la conversación reflejada sea recibida.

Los canceladores de eco están limitados por la cantidad de tiempo que ellos deben esperar para recibir el reflejo de la conversación, un fenómeno conocido como *cola del eco*.

Es importante configurar apropiadamente la cantidad de cancelación de eco cuando se instala inicialmente equipos de VoIP. Si no se configura suficiente cancelación de eco, los hablantes escucharán eco durante toda la llamada telefónica. Si se configura demasiada cancelación de eco, le tomará más tiempo al cancelador de eco converger y eliminar el eco.

## Pérdida de paquetes

La pérdida de paquetes en redes de datos es común y esperada. Varios protocolos de datos, de hecho, usan pérdida de paquetes así que ellos conocen las condiciones de la red y pueden reducir el número de paquetes que son enviados.

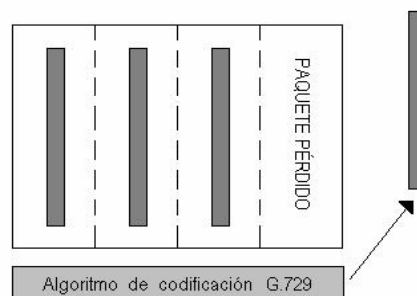
Cuando se pone tráfico crítico en la red de datos, es importante controlar la cantidad de paquetes perdidos en esa red.

Cuando se pone voz en redes de datos, es importante construir una red que puede transportar satisfactoriamente voz de manera confiable y oportunamente. También, es provechoso cuando se usan mecanismos para hacer la voz algo resistente a periodos de pérdidas de paquetes.

Se han desarrollado herramientas de calidad de servicio (QoS) que permiten al administrador clasificar y manejar el tráfico a través de una red de datos. Si una red de datos está bien diseñada, se puede mantener la pérdida de paquetes al mínimo.

Por ejemplo, en implementaciones Cisco se habilita a los routers de voz responder a pérdidas de paquetes periódicas. Si un paquete de voz no es recibido cuando se esperaba (el tiempo de espera es variable), se asume que se está perdido y el último paquete recibido es reemplazado, como se muestra en la figura 3.5.

Porque la pérdida de paquetes es sólo 20 ms de la conversación, el escucha promedio no nota la diferencia en la calidad de voz.



*Figura 3.5* Pérdida de paquetes con G.729

Usando una implementación G.729 para VoIP, se puede ver que cada una de las líneas en la figura 3.5 representa un paquete. Paquetes 1,2 y 3 alcanzan el destino, pero el paquete 4 se perdió en algún lugar de la transmisión. La estación receptora espera por un periodo de tiempo (por su almacenador intermedio de jitter) y luego usa su estrategia de ocultación.

Esta estrategia de ocultación reemplaza el último paquete recibido (en este caso, el paquete 3), así que el escucha no escucha brechas de silencio. Porque la conversación perdida es sólo 20

ms, el escucha muy probablemente no escuché la diferencia. Se puede usar esta estrategia de ocultación si sólo un paquete se pierde. Si múltiples paquetes consecutivos se pierden, la estrategia de ocultación se corre únicamente una vez hasta que otro paquete es recibido.

A causa de la estrategia de ocultación, G.729 tolera hasta 5% de pérdida aproximada de paquetes durante la llamada entera.

Algunas veces los paquetes fallan al arribar a su destino, ver figura 3.6. Esto crea espacios en la conversación que degradan la calidad de voz; por ejemplo, silencios, chasquidos o una conversación in-entendible.

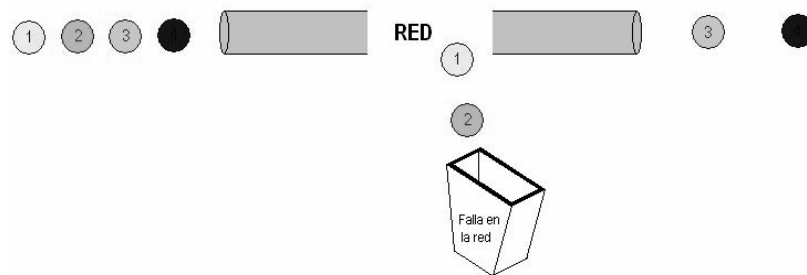


Figura 3.6 Pérdida de paquetes

Los factores que impactan en la pérdida de paquetes son:

- **Congestionamiento:** el router descarta paquetes para reducir el congestionamiento o el sobreflujo del buffer.
- **Interrupción del servicio:** la red experimenta interrupciones.
- **Retardo:** algunos paquetes toman una trayectoria larga o experimentan retardos que evitan que ellos lleguen a su destino en el tiempo apropiado.
- **Selección del CODEC:** el retardo en la codificación y decodificación; por ejemplo, G.723 tiene un algoritmo con mayor retardo que G.711, lo cual impacta en la calidad de la voz. La pérdida de paquetes varía dependiendo del método de compresión. Una relación de compresión mayor incrementa la susceptibilidad de la calidad de voz.

Las maneras para evitar la pérdida de paquetes incluyen:

- **Protocolos de QoS:** apresura la transmisión de los paquetes de voz a varios gateways y routers, minimizando el jitter y resultando en una menor pérdida de paquetes.
- **Control de Admisión de Llamada:** limita el número de llamadas que pueden estar activas en varios nodos de la red.
- **Buffer de jitter variable:** ajusta el retardo del buffer.



- **Disimular pérdida de paquetes:** alisa silencios en el audio.
- **Incremento del ancho de banda:** incrementar el ancho de banda para manejar cargas pico de tráfico, compensa la pérdida de paquetes.

### Detección de actividad de voz

En conversaciones normales de voz, alguien habla y alguien más escucha. Hoy en día las redes contienen un canal bi-direccional de 64 Kbps, sin importar si alguna de las personas está hablando. Lo que conlleva a que en una conversación normal, al menos 50% del total del ancho de banda es desperdiciado. La cantidad de desperdicio del ancho de banda puede ser realmente mucho más grande si se toma un muestreo estadístico de las pausas y cortos de un patrón normal de conversación de una persona.

Usando VoIP, se puede utilizar este *desperdicio* del ancho de banda para otros propósitos cuando detección de actividad de voz (VAD) es habilitada. Como se muestra en la figura 3.7, VAD trabaja detectando la magnitud de la conversación en decibeles (dB) y decidiendo cuando cortar la voz del frame.

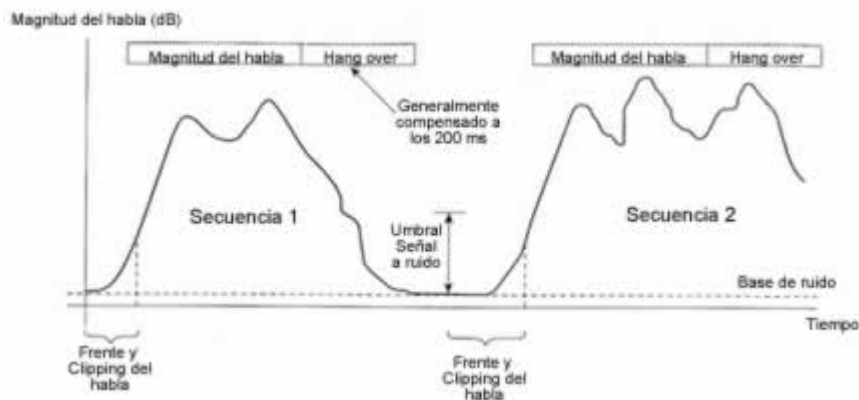


Figura 3.7 Detección de la actividad de voz<sup>3</sup>

Típicamente, cuando el VAD detecta una disminución en la amplitud de la conversación, éste espera una cantidad de tiempo fijo antes de poner los frames de la conversación en paquetes. Esta cantidad fija de tiempo es conocida como *hangover* y es típicamente 200 ms.

Con cualquier tecnología, donde se realizan compensaciones, VAD experimenta ciertos problemas inherentes en determinar cuando la conversación termina y cuando empieza, y en distinguir la conversación del ruido de fondo. Esto significa que si se está en un cuarto ruidoso, VAD es incapaz de distinguir entre la conversación y el ruido de fondo. Esto también es conocido como *umbral de relación señal a ruido* (referido en la figura 3.7).

En este escenario, VAD se deshabilita por sí sola al inicio de la llamada.

Otro problema inherente con VAD es detectar cuando la conversación comienza. Típicamente el inicio de una oración es cortada o truncada (ver la figura 3.7). Este fenómeno es conocido como *truncamiento anticipado de la conversación*. Usualmente, la persona que escucha la conversación no nota este truncamiento anticipado.

### Conversión Digital-Analógica (D/A)

A pesar de que la mayoría del backbone de las redes de telefonía en países del primer mundo es digital, algunas veces múltiples conversiones D/A ocurren.

Cada vez que ocurre una conversión de digital a analógico y viceversa, la conversación o forma de onda llega a ser menos "real". A pesar de que las redes de hoy en día pueden manejar por lo menos siete conversiones D/A antes que la calidad de voz sea afectada, la voz comprimida es menos robusta al enfrentar estas conversiones.

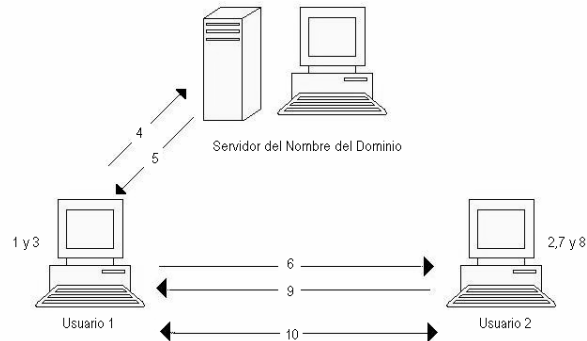
Es importante notar que la conversión D/A debe ser manejado firmemente en un ambiente de compresión de voz. Cuando se usa G.729, con sólo dos conversiones D/A hacen que la puntuación MOS disminuya rápidamente. La única manera de manejar conversiones D/A es teniendo en el diseño de la red ambientes de VoIP con muy pocas conversiones D/A.

Aunque las conversiones D/A afectan a todas las redes de voz, las redes VoIP que usan un código PCM (G.711) son tan resistentes a los problemas causados por las conversiones D/A como son las redes telefónicas de hoy.

### Codificación Tandem

Todas las redes de conmutación de circuitos hoy en día trabajan sobre la premisa de conmutar llamadas en la capa de transmisión de datos. Los switches de circuitos están organizados en un modelo jerárquico en el cual los switches de mayor grado en la jerarquía son llamados *switches tandem*.

Los switches tandem realmente no terminan ninguna conexión local; en lugar de ello, ellos actúan como un switch de circuito de alto nivel. En el modelo jerárquico, diversas capas de switches de circuitos tandem pueden existir, como se muestra en la figura 3.8. Esto permite al extremo terminar la conectividad para cualquier persona con un teléfono, sin la necesidad de una conexión directa entre cada hogar en el planeta.

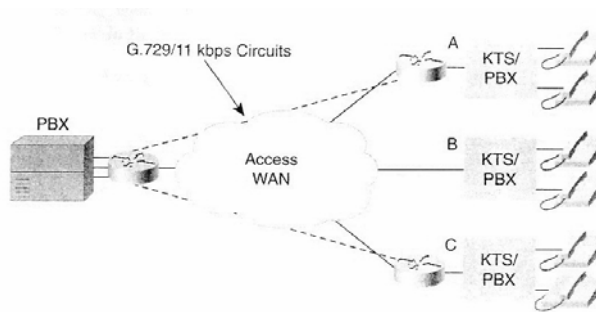


*Figura 3.8 Jerarquía de Conmutación Tandem <sup>1</sup>*

En la figura 3.8, tres switches de circuitos separados son utilizados para transportar una llamada de voz. Una llamada de voz que pasa a través de dos switches TDM y un switch tandem no incurre en la degradación de la calidad de voz porque estos switches de circuitos usan canales de 64 kbps.

Si los switches TDM comprimir la voz y el switch tandem debe descomprimir y re-comprimir la voz, la calidad de voz puede ser drásticamente afectada. A pesar de que la compresión y re-compresión no son comunes en la redes PSTN, se debe planear para ello y diseñar considerando esto en una red de paquetes.

La degradación de la voz ocurre cuando se tiene más de un ciclo de compresión/descompresión para cada llamada telefónica. La figura 3.9 provee un ejemplo de este escenario.



*Figura 3.9 Codificación Tandem VoIP*

La figura 3.9 representa tres routers VoIP conectados y actuando como líneas de conexión entre una central PBX y tres sucursales remotas PBX's. La red es diseñada para poner toda la

información del plan de marcado en el sitio central PBX. Esto es común en varias redes de las empresas para mantener la administración de un plan de marcado centralizado.

Una desventaja de la codificación tandem cuando se usa VoIP es esa, si un usuario telefónico en la sucursal B quiere llamar a un usuario en la sucursal C, dos puertos VoIP en el sitio central A deben ser utilizados. También, dos ciclos de compresión/descompresión existen, lo cual significa que la calidad de voz se desmerita.

Diferentes codecs reaccionan diferente a la codificación tandem. G.729 puede manejar dos ciclos de compresión/descompresión, mientras G.723.1 es menos resistente a múltiples ciclos de compresión.

Por ejemplo, asumamos que un usuario en el sitio remoto B quiere llamar al usuario en el sitio remoto C. La llamada pasa a través del PBX B, se comprime y paquetiza en el router B de VoIP, y se envía al router A de VoIP del sitio central, el cual descomprime la llamada y la envía al PBX A. El PBX A conmutada la llamada de regreso a su router VoIP (router A), el cual comprime y paquetiza la llamada, y la envía al sitio remoto C, donde luego es descomprimida y la envía al PBX C. Este proceso conocido como *compresión tandem*; se debe evitar en todas las redes donde exista compresión.

Es fácil evitar compresión tandem. En este ejemplo se simplifico la configuración router a costa de la calidad de voz.

Una posible solución podría ser como en el ejemplo de la figura 3.10 donde los tres PBX están conectados a través de tres routers de VoIP. Configurando apropiadamente cada router VoIP, el flujo de la llamada se simplifica y se evita la codificación tandem, como se muestra en la figura 3.10.

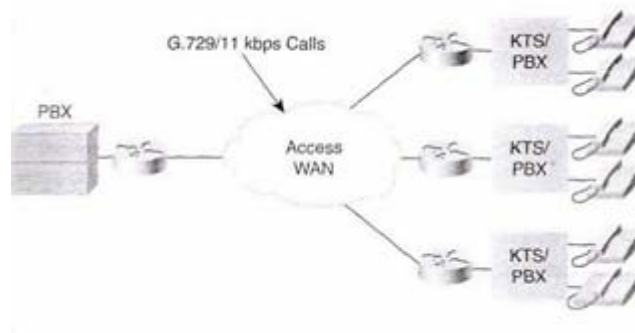


Figura 3.10 VoIP sin Codificación Tandem

Además en la figura se ve una de las ventajas de IP; no se necesita una línea de la compañía telefónica para completar la llamada entre dos PBX's. Si una red de datos conecta los sitios, VoIP puede viajar sobre esa red.

El plan de marcado es movido desde el PBX del sitio central a cada uno de los routers VoIP. Esto permite que cada dispositivo de VoIP tome decisiones del ruteo de la llamada y se elimine la necesidad de enlazar líneas. El mayor beneficio de este cambio es eliminar la necesidad de ciclos de compresión/descompresión.

### Protocolos de Transporte

Debido a la naturaleza sensitiva en tiempo del tráfico de voz, VoIP es transportado con un encabezado de paquete RTP/UDP/IP.

RTP es el estándar para transmitir tráfico sensible al retardo a través de redes de paquetes. RTP corre arriba de UDP e IP. RTP proporciona a las estaciones receptoras información que no se encuentra en la información de los paquetes UDP/IP. Como se muestra en la figura 3.11, dos importantes bits de información son la secuencia (sequence) y el medidor del tiempo (time-stamping). RTP usa la información de la secuencia para determinar si los paquetes están arribando en orden, y usa el medidor de tiempo para determinar el tiempo de arribo de los paquetes (jitter).

Versión	IHL	Tipo de Servicio	Longitud Total			
Identificación			Banderas	Offset del fragmento		
Tiempo de vida	Protocolo		Encabezado Checksum			
Dirección fuente						
Dirección destino						
Opciones			Relleno			
Puerto fuente			Puerto Destino			
Longitud			Checksum			
V=2	P	X	CC	M	PT	Número consecutivo
Marcador de tiempo						
Identificador de Sincronización fuente (SSRO)						

*Figura 3.11 Encabezado de RTP*

Se puede usar RTP para medios en demanda, así como también para servicios interactivos como es la telefonía por internet.

RTP (ver la figura 3.11) consiste de una parte de datos y una parte de control, la última es conocida como Protocolo de Control RTP (RTCP).

La parte de datos de RTP es un protocolo que provee soporte para aplicaciones con propiedades de tiempo real, tales como medios continuos (por ejemplo, audio y video), incluyendo reconstrucción de tiempo, detección de pérdidas, e identificador de contenido.

RTCP provee soporte para conferencias en tiempo real para grupos de cualquier tamaño dentro de Internet. Este soporte incluye identificación de la fuente y soporte para gateways, tales como puentes de audio y video, así como traductores multicast a unicast. También ofrece retroalimentación en cuanto a QoS de los receptores a un grupo multicast, y soporte para la sincronización de diferentes paquetes de información de los medios.

Justo encima de RTP disponemos del protocolo RTCP que es el encargado de intercambiar mensajes entre los extremos de la sesión para asegurar la calidad del servicio. Es decir, se usa RTP para transportar la voz y RTCP para intercambiar información de estado.

Como RTP y RTCP funciona sobre UDP será necesario que se establezca una conexión extremo a extremo, así que se tiene que abrir un puerto par para RTP y el siguiente impar para RTCP. Este par de puertos estarán entre el 1025 y el 65535, aunque los puertos 5004 y 5005 serán los puertos por defecto.

El uso de RTCP junto con RTP no es obligatorio, es más existen implementaciones de VoIP que no lo utilizan, pero al hacer esto estamos eliminando la información de calidad, así que realmente no sé sabe la calidad de la transmisión.

Usar RTP es importante para tráfico en tiempo real, pero existen ligeras desventajas. El encabezado IP/RTP/UDP es 20,8, y 12 bytes, respectivamente. Esto añade hasta 40 bytes de encabezado, el cual es dos veces más grande que la carga útil cuando se usa G.729 con dos muestreos de voz (20 ms).

Se puede comprimir este encabezado a 2 ó 4 bytes usando Compresión de Encabezado RTP (CRTP).

UDP es un protocolo no orientado a la conexión, y por lo tanto no proporciona ningún tipo de control de errores ni de flujo, aunque si utiliza mecanismos de detección de errores. Cuando se detecta un error en un datagrama en lugar de entregarlo a la aplicación se descarta.

UDP se ha definido teniendo en cuenta que el protocolo del nivel inferior (el protocolo IP) también es no orientado a la conexión y puede ser interesante tener un protocolo de transporte que explote estas características.

Como el protocolo es no orientado a la conexión cada datagrama UDP existe independientemente del resto de datagramas UDP.

El protocolo UDP es muy sencillo y tiene utilidad para las aplicaciones que requieren pocos retardos o para ser utilizado en sistemas sencillos que no pueden implementar el protocolo TCP.

Las características del protocolo UDP son:

- No garantiza la fiabilidad. No podemos asegurar que cada datagrama UDP transmitido llegue a su destino. Es un protocolo del tipo best-effort, porque hace lo que puede para transmitir los datagramas hacia la aplicación pero no puede garantizar que la aplicación los reciban.
- No preserva la secuencia de la información que proporciona la aplicación. La información se puede recibir desordenada (como ocurría en IP) y la aplicación debe estar preparada por si se pierden datagramas, llegan con retardo o llegan desordenados.

Un datagrama consta de una cabecera y de un cuerpo en el que se encapsulan los datos. La cabecera consta de los siguientes campos:

- Los campos puerto origen y puerto destino son de 16 bits e identifican las aplicaciones en la máquina origen y en la máquina destino.
- El campo longitud es de 16 bits e indica en bytes la longitud del datagrama UDP incluyendo la cabecera UDP. En realidad es la longitud del datagrama IP menos el tamaño de la cabecera IP. Como la longitud máxima del datagrama IP es de 65.535 bytes y la cabecera estándar de IP es de 20 bytes, la longitud máxima de un datagrama UDP es de 65.515 bytes.
- El campo suma de comprobación (checksum) es un campo opcional de 16 bits que, a diferencia del campo equivalente de la cabecera IP que solo protegía la cabecera, protege tanto la cabecera como los datos.

Como el protocolo UDP no está orientado a la conexión y no envía ningún mensaje para confirmar que se han recibido los datagramas, su utilización es adecuada cuando queremos transmitir información en modo multicast (a muchos destinos) o en modo broadcast (a todos los destinos) pues no tiene sentido esperar la confirmación de todos los destinos para continuar con la transmisión. También es importante tener en cuenta que si en una transmisión de este tipo los destinos enviarán confirmación, fácilmente el emisor se vería colapsado, pues por cada paquete que envía recibiría tantas confirmaciones como destinos hayan recibido el paquete.

Lo que realmente proporciona UDP respecto a IP es la posibilidad de multiplexación de aplicaciones. La dirección del puerto permite identificar aplicaciones gracias a la dirección del puerto.

## Diseño del Plan de Marcación

Una de las tareas que más cantidad de problemas trae cuando se diseña una red empresarial es el *plan de marcación (dial-plan)*. Esto se debe a las complejas operaciones para integrar redes dispares.

Un ejemplo podrían ser dos compañías que se fusionan: su sistema telefónico (correo de voz, costos, características suplementarias, y direccionamiento del plan de marcación) puede ser incompatible con el otro.

Las compañías deben diseñar un plan de marcación basado en las siguientes características:

- Planes para crecer
- Costos de circuitos o VPNs arrendadas
- Costos de equipo adicional para paquetes de voz
- Empalme de números (cuando más de un sitio tiene el mismo número telefónico)
- Flujo de llamadas (el patrón de llamadas de cada sitio)
- Horas pico (la(s) hora(s) del día cuando el mayor número de llamadas son manejadas por un circuito).

Dependiendo del tamaño de la compañía, el plan de marcación puede ser de 2 a 7 u 8 dígitos. Es importante que no se fuerce a seguir un patrón particular antes de considerar los puntos anteriormente mencionados.

En este capítulo se hizo referencia a los factores que rodean a VoIP. Muchos de estos factores, tales como la compresión/descompresión de los frames de voz y el retardo de propagación, son inherentes a VoIP, y no se puede hacer mucho para minimizar sus efectos en las redes VoIP. Sin embargo, con una cuidadosa planeación y un diseño sólido de la red, se puede controlar y posiblemente evitar muchas problemáticas, dado que existen algunos factores que podemos evitar, como son el jitter, latencia, retardo de manejo, tasa de muestreo, codificación tandem, y diseño del plan de marcación.



## 3.4 Calidad de Servicio, QoS

Una red convergente mezcla diferentes tipos de tráfico, cada uno con diferentes requerimientos. Estos tipos de tráfico frecuentemente reaccionan desfavorablemente cuando son mezclados. Por ejemplo, una aplicación de voz espera que no exista pérdida de paquetes, y se tenga una cantidad mínima y fija de retardo. Este nivel de desempeño se obtiene en una red de conmutación de circuitos.

Una red del mejor esfuerzo IP tiene cantidades variables de pérdidas de paquetes, y un retardo variable usualmente causado por la congestión de la red, lo cual es lo opuesto a lo que se requiere en una aplicación de voz. Esto puede resultar en una distorsión de la conversación, retardo y pérdida de paquetes.

### Factores que impactan en la Calidad de Servicio

Algunos parámetros importantes de QoS para analizar incluyen: disponibilidad de la red, ancho de banda, retardo, pérdida, protocolos de ruteo, entre otros.

La disponibilidad de la red tiene el efecto más importante en la calidad de servicio, QoS. Si la red no está disponible, incluso por breves periodos de tiempo, el usuario o aplicación puede alcanzar impredecibles o indeseables niveles de desempeño. La disponibilidad de la red es dependiente de la disponibilidad de una red redundante. Una red redundante generalmente incluye los siguientes elementos:

- Dispositivos redundantes, tales como interfaces, tarjetas de procesamiento, y fuentes de poder.
- Protocolos de red resistentes.
- Múltiples conexiones físicas, tales como cobre o fibra óptica.
- Fuentes de poder de reserva.

Cuando se implementa QoS, es necesario considerar los protocolos de ruteo. Los protocolos de ruteo pueden ser muy importantes al considerar como las llamadas de VoIP serán ruteadas y que tan rápido ocurrirá. Cuando se planea el desarrollo de una red VoIP, el diseñador debe enterarse de que tipo de situaciones suceden en la actualización de una tabla de ruteo. Esto ayudará para predecir que trayectoria puede tomar el tráfico VoIP cuando una falla de red ocurre.

## Definición de QoS

La calidad de servicio, QoS, es una medición del servicio proporcionado a un usuario. Es el método por el cual la tasa de transmisión, la tasa de errores, y otras características son medidas, mejoradas, y hasta cierto punto, garantizadas por adelantado.

Existen diferentes percepciones acerca de lo que significa Calidad de Servicio. Algunas de las visiones más comunes de la calidad de servicio o QoS (Quality of Service) son:

- QoS es la percepción de la total calidad de voz por el usuario
- QoS es dependiente de las características de la red IP
- QoS es gobernada por la diferencia entre costo y calidad
- QoS proporciona disponibilidad, confiabilidad y predicción
- QoS tiene la habilidad para tener flujo de tráfico prioritario
- QoS maneja las expectativas del cliente a través de Acuerdos de Niveles de Servicios (SLAs)

Pero en términos generales podría decirse que una Calidad de Servicio implica el hecho de que un administrador pueda manejar diferentes tipos de tráfico, proporcionándole a cada uno el ancho de banda que requiere considerando sus respectivos retardos.

## Métodos para asegurar calidad de servicio

QoS es una arquitectura que proporciona disponibilidad, confiabilidad y predicción para tráfico prioritario. Los proveedores de servicios pueden usar QoS para proporcionar servicios SLAs a los clientes y ayudar a manejar sus expectativas. Los operadores de red aseguran QoS en toda la red asegurando que los elementos de la red apliquen constantemente el *tratamiento* en el flujo de tráfico que atraviesa por ellos.

Algunos métodos para asegurar calidad de servicio para tráfico de VoIP son:

- **Protocolo de Reservación de Recursos (RSVP)**. Permite a los receptores reservar en forma dedicada una porción del ancho de banda de la red. RSVP reserva ancho de banda y otros recursos en routers localizados en la trayectoria de transmisión de la red. Todos los ruteadores en la trayectoria de la red deben obedecer RSVP para su prioridad.

- **Distinción de Servicios (DiffServ).** Permite definir diferentes clases de servicios y mecanismos de calidad de servicios para paquetes.  
DiffServ permite especificar y controlar el tráfico de la red por clase; por lo que ciertos tipos de tráfico que se transportan; por ejemplo, tráfico de voz, el cual requiere un flujo de datos relativamente ininterrumpido, puede preceder sobre otra clase de tráfico.
- **Estándares 802 Ethernet.** Proporciona administración de congestión en puertos LAN y niveles de usuario.  
La administración del congestión define "filas" o "colas" de diferentes categorías, tales como los estándares Ethernet 802.1p y 802.1Q que dan prioridad a los paquetes de transmisión.
- **Prioridad puerto base.** Permite configurar un switch de capa 2 para darle prioridad a todo el tráfico originado en un puerto específico; por ejemplo, un gateway de VoIP.  
Es un efectivo método para asegurar una calidad óptima de voz. Con la prioridad del puerto base, se puede priorizar todo el tráfico entrante de un puerto específico de un switch de capa 2 Ethernet.  
Los productos pueden usar rango de puertos UDP para proveer una alta prioridad a paquetes VoIP como una forma de QoS en redes IP existentes. El mismo rango de puertos debe ser reservado y puesto en prioridad alta en todos los routers donde un administrador espera tener QoS. Redes DiffServ no requieren la reservación de un rango de puertos. Se puede designar cualquier rango de puertos que no es usado por protocolos o aplicaciones conocidas.
- **Separación de tráfico.** Permite separar el tráfico de voz y datos por medio de una LAN virtual (VLAN).  
La separación de tráfico es una opción técnica. Si todos los switches Ethernet soportan el estándar Ethernet 802.1Q para VLANs, luego la Separación de Tráfico con VLANs permite poner todo el tráfico de voz en una VLAN y todo el tráfico de datos en otra VLAN. Los beneficios de separar el tráfico son que: 1) Permite asegurar QoS de voz permitiendo que VLANs con tráfico de voz tengan una alta prioridad sobre las VLANs de tráfico de datos. 2) Provee una manera fácil de conectar un gateway VoIP desde un switch IP a un switch existente en la compañía de capa 2 Ethernet usando sólo tecnología de capa 2. Es importante aclarar que no se recomienda el uso de VLANs para todos, pues dependerá de los requerimientos del cliente.
- **Direcciones IP prioritarias.** Permite que todos los paquetes originados desde una dirección IP designada sean prioritarios.  
El tráfico de VoIP puede también ser priorizado por su dirección IP. Esta ventaja es ideal para dispositivos con direcciones IP estáticas o que raramente cambian. PBX IP, gateways VoIP, y servidores de llamadas son dispositivos VoIP que pueden tener asignaciones de direcciones IP estáticas. Un administrador de red puede configurar los

routers para clasificar y priorizar todos los paquetes originados desde esas direcciones IP y conocer que ellos son dispositivos VoIP.

- **Fragmentación de paquetes.** Permite fragmentar los paquetes antes de atravesar conexiones con ancho de banda limitado.

En redes mezcladas de voz y datos IP, los paquetes deben ser fragmentados antes de atravesar conexiones con ancho de banda limitada (menor a 1 Mbps) para minimizar el retardo de la voz y el jitter. Existen diversos protocolos que pueden usarse para fragmentar los paquetes, pero existen dos tipos de fragmentación que son más universales y que no se limitan a una capa específica como es ATM o Frame Relay FR.12. Estos métodos son por medio del protocolo PPP y la fragmentación IP.

La fragmentación PPP fractura paquetes grandes en múltiples paquetes pequeños y los encapsular dentro de frames PPP antes de ser enfilados y transmitidos. La fragmentación PPP permite una prioridad alta para paquetes de VoIP donde se interrumpe y transmiten a la cabeza de paquetes de baja prioridad que ya han sido almacenados. Los paquetes pueden ser interpolados, así que el máximo retardo que un paquete de voz experimenta es de un paquete.

Es importante notar, que a pesar de que existen diversas herramientas para alcanzar la Calidad de Servicio, necesaria para cada usuario y aplicación, no son tan importantes como el resultado final. Esto quiere decir, que no hay que enfocarse en una sola herramienta de QoS para resolver todos los problemas de la red; en vez de hecho, hay que mirar en su totalidad para determinar que herramientas, si las hay, pertenecen a cada porción de la red.

## EJEMPLO DE APLICACIÓN

En el presente capítulo, se abordará un ejemplo en el cual se podrá visualizar de manera más completa las ventajas de la implementación de los sistemas de Telefonía IP, sobre otras alternativas.

La decisión de implementar o no una solución de Telefonía IP, se basa en diversos factores:

- Factibilidad de implementación. Esto es debido a que se debe de hacer un análisis cualitativo a la red de datos sobre la cual se va a “montar” el tráfico de voz, podría decirse que es un análisis de factibilidad de convergencia. Se tiene que verificar que se cuenta con el equipo necesario y que éste soporta el tráfico de voz, que se pueda implementar las características de QoS que se necesitan, de no ser así, obtener las actualizaciones de software que permitan todo lo anterior mencionado. Requiere también de la adquisición de nuevo equipo a la medida de las necesidades del proyecto. Además la infraestructura de cableado es determinante, pues se requiere que además de que sea estructurado, sea de la categoría adecuada, para efectos de este caso, la categoría recomendable es 5e. Esto es a grandes rasgos, algunas de los puntos a tomar en cuenta.
- Presupuesto. Cabe notar que en algunos casos, la implementación de la telefonía IP, requiere la integración de un sistema híbrido, es decir que convivan el PBX y el nuevo servidor de administración de llamadas, llegando así a tener una migración gradual de telefonía tradicional a telefonía IP. Esto es común en los casos en que los sistemas son muy grandes, pues asegura la funcionalidad y disponibilidad de los servicios de telefonía mientras se establece por un lado el nuevo sistema y se tiene redundancia al seguir con el PBX. Para tener esta dualidad es necesario invertir en la compra de tarjetas o equipamiento adicional para la convivencia de los dos sistemas. Si el sistema es pequeño, el reemplazar el PBX por el servidor de administración de llamadas no conlleva a una migración gradual.
- Planeación y diseño. Es importante conocer los requerimientos y la magnitud del proyecto para darle una adecuada planeación y diseño. Es importante tomar en cuenta un margen de crecimiento para poder disponer en el futuro de nuevas facilidades del sistema.

- Retorno de Inversión. La inversión en un nuevo sistema de telefonía puede ser en un principio muy grande, pero los beneficios a la larga y los ahorros que ésta puede presentar solventan en gran forma la inversión realizada.

## 4.1 Necesidades de comunicación de la empresa

Consideremos el siguiente ejemplo de una empresa cuyas necesidades son descritas a continuación: la empresa X está ubicada en la Ciudad de México, con una sucursal local, más otras dos sucursales en la República, específicamente Guadalajara y Monterrey. En un principio solo contaba con la sucursal local, pero debido al crecimiento y la necesidad de diversificación de su negocio, tuvo que expandirse.

La infraestructura actual corresponde a la tradicional de hace diez años aproximadamente, es decir, dos redes, la de voz y la de datos, la primera utilizando el protocolo IP, y la segunda utilizando TDM, conceptualmente se refiere a lo descrito en la figura 4.1.

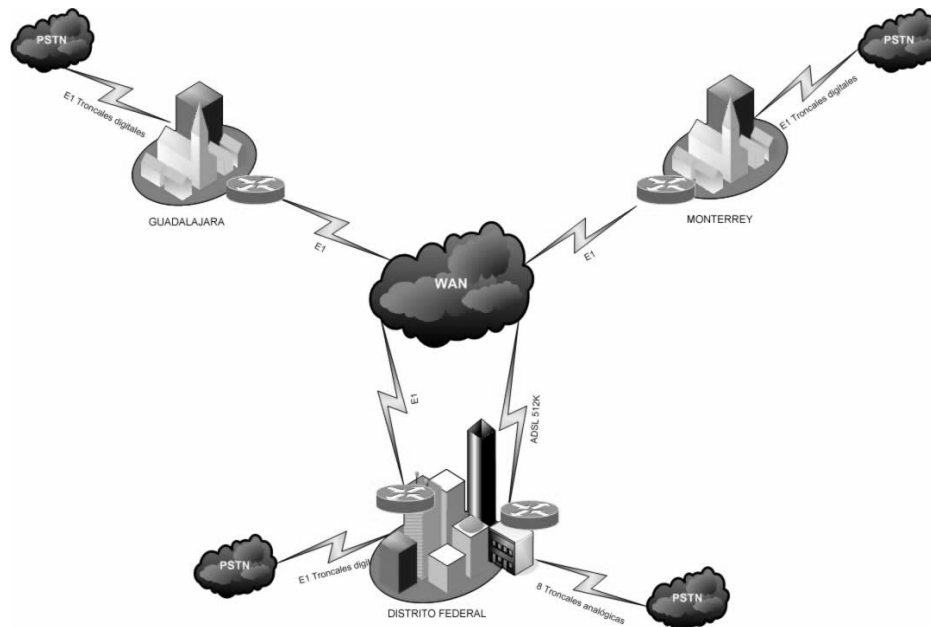


Figura 4.1 Diagrama conceptual de la infraestructura de telecomunicaciones de la empresa X

El diagrama anterior bien puede definirse como la representación de redes “legacy”, refiriéndose a aquellas redes que tienen dos infraestructuras por separado para soportar los servicios de voz y datos.

El número de usuarios en cada oficina se encuentra en la tabla 4.1:

	D.F.	D.F. Local	Monterrey	Guadalajara
<b>Usuarios</b>	250	50	80	100

*Tabla 4.1. Número de usuarios*

La empresa X está buscando la forma de mejorar sus servicios al cliente, su meta es obtener la satisfacción del cliente por medio de la implementación de nueva tecnología que les permita incrementar sus niveles de productividad, ya que la mayor parte de su negocio se realiza vía telefónica.

Como se muestra en la figura 4.1, las redes de voz y datos están separadas y son administradas independientemente. El sitio central o la matriz reside en el D.F. , los sitios remotos son la oficina local en el D.F. que es más pequeña que la central, y las oficinas de Guadalajara y Monterrey. El tráfico de datos de los sitios remotos viaja a través de la WAN IP. En lo referente a la arquitectura de LAN, en el nodo central se cuenta con switches PoE conectados a switches de core a través de enlaces Gigabit ethernet, los cuales se conectan al router WAN y de aquí al carrier que proporciona la conectividad. En las oficinas remotas cuentan con switches LAN PoE y routers WAN cada una.

Como se mencionó también, cada oficina cuenta con sistemas PBX, cada una realiza el procesamiento de sus llamadas. Todas las llamadas que se originan de cada oficina son ruteadas vía la PSTN, las llamadas entre oficinas que son de larga distancia, originan una parte significativa del gasto telefónico.

En la empresa X y sus sucursales, las aplicaciones que más utilizan son e-mail, transferencia de archivos, web, y algunas bases de datos; de hecho no hay aplicaciones en tiempo real que requieran priorización del tráfico; pero se deben de poner las políticas de QoS que garanticen el correcto funcionamiento de todas estas aplicaciones cuando se una al tráfico la voz.

Con el paso del tiempo, los diferentes sistemas telefónicos de cada localidad se han encontrado con las siguientes limitaciones:

- Cada oficina cuenta con PBX de diferente marca, lo cual implica que cuentan mecanismos de señalización propietarios así como las diferentes interfaces, por ello, la interconexión de dichos sistemas no es un proceso transparente.

- La oficina central y la de Guadalajara cuenta con PBX, las remotas, la local y la de Monterrey cuentan con multilíneas, pero ya tienen una antigüedad de 5 años y la posibilidad de expandirlos debido al crecimiento de la empresa es nula en algunos casos pues carecen de slots en los gabinetes y en otras requieren de la inversión en más equipo que a final de cuentas va a ser de distinto fabricante en cada oficina.
- Como el equipo en algunos casos es obsoleto, el conseguir partes de reemplazo tiende a ser costoso y difícil.

Debido al constante crecimiento de la empresa, y como protección a la inversión que se va a realizar, es necesario que cuente con un sistema de procesamiento de llamadas escalable que requiera un mínimo de rediseño en caso de expansión, que proporcione redundancia y balanceo de carga, que optimice la utilización del ancho de banda en los enlaces WAN para el tráfico de voz, además de que en caso de que el nodo central falle, los demás puedan seguir operando.

Debido a que el nodo central es el más grande, requiere de una migración gradual, lo cual significa que requiere en primera instancia la integración con el PBX existente, así como con el correo de voz. Suponiendo que es el caso que la empresa cuenta con el presupuesto suficiente para reemplazar los PBX en las otras oficinas, la migración puede hacerse directamente, sin tener que integrarse a los PBX.

El punto aquí es también reducir costos en telefonía, se puede empezar por eliminar el costo de las llamadas entre oficinas, además de contar con una administración centralizada; para abatir más los costos, debe de existir la posibilidad de terminar las llamadas de larga distancia como locales en las oficinas remotas.

## 4.2 Solución general propuesta

Para darle solución a las necesidades que plantea la empresa, se tienen las siguientes propuestas.

- Interfaz analógica (E&M)
- VoIP
- IPT



## 4.2.1 Interfaz analógica (E&M)

La solución propuesta se muestra en la figura 4.2.

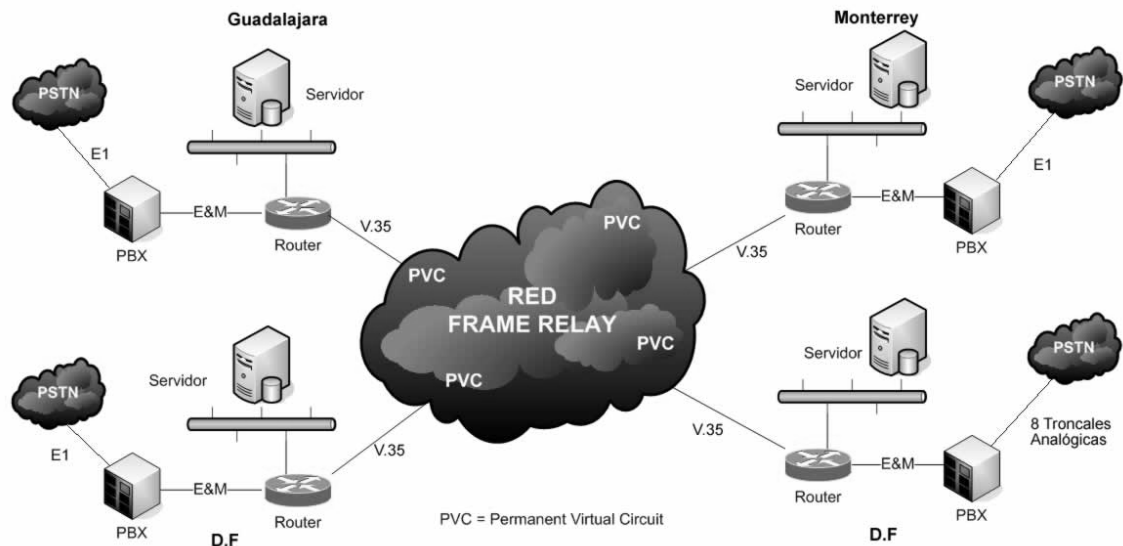


Figura 4.2 Propuesta Interfaz analógica (E&M)

E&M es una técnica de señalización entre troncales utilizada en PBX. La señalización E&M define un lado de circuito de troncal y otro lado de la unidad de señalización, que puede ser un router para cada conexión, es similar en datos a tener un DCE (Data Circuit terminating Equipment) y un DTE (Data Terminal Equipment). Generalmente el PBX es la parte del circuito de troncal y la Oficina Central o un dispositivo como un router está del lado de la unidad de señalización, como se ve en la figura 4.3.

Para este caso, se utilizarán modelos de interfaces E&M tipo II, pues así se pueden conectar entre sí dos unidades de señalización. Muchos PBX pueden contar con tarjetas de troncales analógicas E&M que pueden funcionar como el lado de circuito de troncal o del lado de la unidad de señalización. El equipo a utilizar en esta solución son interfaces E&M de Cisco que funcionan como el lado de la unidad de señalización, así que es necesario configurar las tarjetas de troncales para que operen como el lado de circuito de troncal.

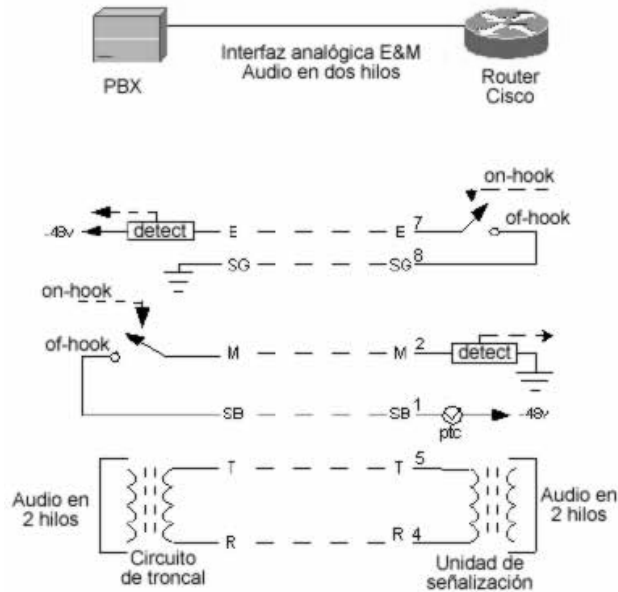


Figura 4.3 Interfaz analógica es E&M<sup>17</sup>

La solución consiste en:

- De acuerdo a los requerimientos de la empresa, se van a enlazar las oficinas por medio de troncales analógicas E&M, este tipo de interfaz es adecuada para este tipo de enlaces, pues los PBX tienen la facilidad de contar con este tipo de interfaces.
- Se proponen 4 troncales E&M en cada oficina para realizar las llamadas entre sí, este es el número máximo de troncales que se pueden tener debido a las limitaciones de los PBXs.
- Los equipos en cada oficina estarán enlazados por routers a través de un enlace Frame Relay, un PVC (Permanent Virtual Circuit) de 256 kbps hacia cada oficina. Este enlace es un Clear Channel, lo cual implica que es un circuito de ancho de banda simétrico, lo que garantiza que no se comparte este ancho de banda en la última milla.
- La limitante aquí es que solo se van a poder tener cuatro llamadas en cada oficina a la vez, debido al número de troncales; por ello la empresa, de seguir creciendo encontrará insuficiente las características que esta solución le ofrece.

El equipo propuesto para los nodos se muestra en la tabla 4.2.

EQUIPO POR NODO		
PARTE	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
CISCO 1760-V	10/100 Modular Router w/Voice,19-in Chassis,32MB FL/96MB DR	1
S17CVP-12215T	Cisco 1700 IOS IP/VOICE PLUS	1
WIC-1T	1-Port Serial WAN Interface Card	1
VIC-2E/M	Two-port Voice Interface Card - E&M	2
PVDM-256K-4U8	Cisco 1760-V 4-Channel to 8-Channel PVDM Factory Upgrade	1
INTERFAZ E&M	Tarjeta de 4 puertos de interfaz E&M Tipo II (2 hilos) para cada PBX	4

*Tabla 4.2 Equipo por nodo.*

Adicionalmente, para la interconexión con el enlace Frame Relay, se requiere de la contratación del mismo con algún carrier, por ejemplo, un Ladaenlace a 256 kbps con interfaz V.35 con su puerto Frame Relay para cada una de las oficinas.

Al implementar este tipo de solución, se debe de contar con un plan de numeración consistente entre todas las oficinas, lo ideal es contar con extensiones de 4 dígitos. Para llamar a las extensiones entre oficinas, se marcará un código de acceso programable en el PBX y la extensión a llamar.

Como podemos ver, esta propuesta solo da solución a la comunicación entre oficinas, pero no cubre todas las demás necesidades, requiere de seguir invirtiendo en los PBXs que terminarán siendo obsoletos, y no proporciona la posibilidad de ir creciendo de acuerdo al ritmo de la empresa. Esto es porque en un principio el tráfico de llamadas entre oficinas estará cubierto por las cuatro troncales E&M, a pesar de que solo puede haber 4 llamadas simultáneas entre oficinas; una vez que el tráfico sea mayor, las cuatro troncales serán insuficientes. El incrementar el número de troncales implica invertir en tarjetas de PBX para las cuales hay un número de ranuras limitadas en los PBXs, además de que el router tiene también un número limitado de ranuras para contar con interfaces E&M, además un mayor tráfico implica mayor utilización del CPU del router, y consecuentemente mayor ancho de banda.

Es por ello, que pasaremos a la siguiente propuesta.

## 4.2.2 VoIP

La solución propuesta se muestra en la figura 4.4:

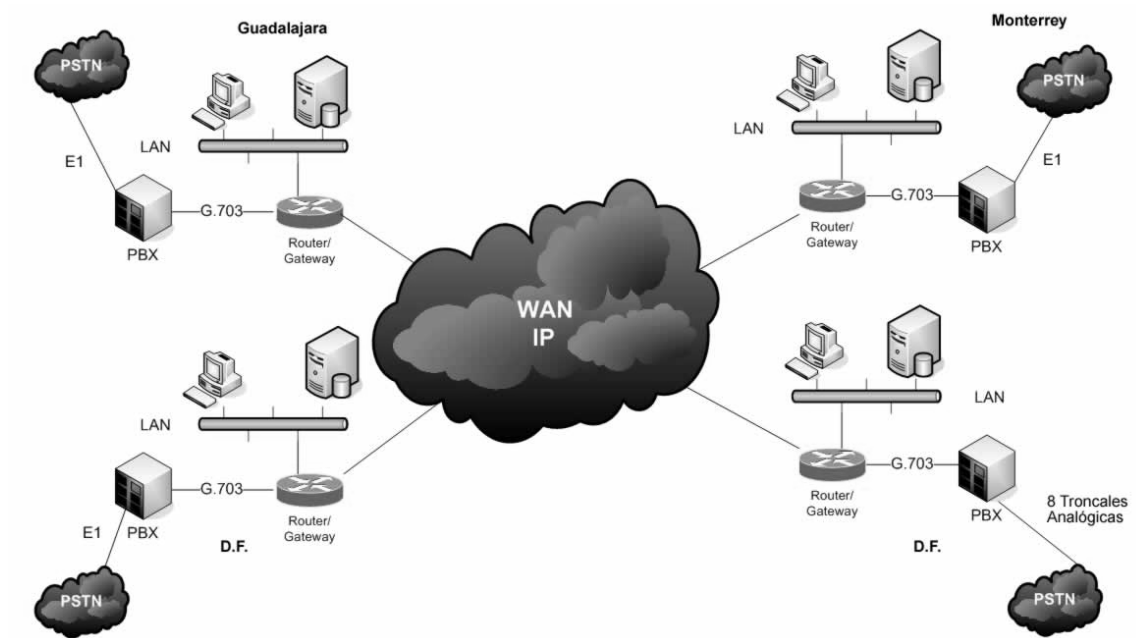


Figura 4.4 Propuesta VoIP

En este caso, lo que se propone es utilizar la tecnología de VoIP como el medio para transportar la voz sobre la red corporativa; esto habilitando los routers como gateways e interconectándolos por medio de la interfaz G.703 hacia las tarjetas E1 de cada uno de los PBX's.

Se utilizarán enlaces L2L (LAN to LAN) con un ancho de banda asignado de acuerdo a la cantidad de tráfico y el tamaño de cada oficina. Un enlace LAN to LAN, además de ser un Clear Channel, es transparente pues ofrece conectividad capa 2, los carriers lo ofrecen como una solución para enlazar oficinas de manera que se optimice su conectividad. Generalmente el carrier ofrece el transporte en su MAN (Metropolitan Area Network) de fibra óptica proporcionando la última milla en cada nodo.

Los routers en cada oficina requieren habilitarse como gateways, esto se realiza con la tarjeta de interfaz apropiada y de ser requerida, una actualización del software. En el caso de que el modelo del router no soporte esto, se puede tener entonces, al gateway por aparte.

El equipo propuesto por nodo, se muestra en la tabla 4.3:

<b>EQUIPO NODO CENTRAL D.F.</b>		
<b>No. PARTE</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANTIDAD</b>
CISCO2851-SRST/K9	CISCO 2851 Voice Bundle w/ PVDM2-48,FL-SRST-96,SP Serv,64F/256D	1
PVDM2-48U64	CISCO PVDM2 48-Channel to 64-Channel Factory Upgrade	1
PVDM2-32	CISCO 32-Channel Packet Voice/Fax DSP Module	1
VWIC-1MFT-G703	1-Port RJ-48 Multiflex Trunk - G.703	1
S28NSPSK9-12311T	CISCO Cisco 2800 IOS SP SERVICES	1
INTERFAZ E1	Tarjeta de interfaz E1 para el PBX de la oficina	1
<b>EQUIPO NODO GUADALAJARA</b>		
CISCO2821-SRST/K9	CISCO 2821 Voice Bundle w/ PVDM2-32,FL-SRST-48,SP Serv,64F/256D	1
VWIC-1MFT-G703	1-Port RJ-48 Multiflex Trunk - G.703	1
S28NSPSK9-12311T	CISCO Cisco 2800 IOS SP SERVICES	1
PVDM2-32	CISCO 32-Channel Packet Voice/Fax DSP Module	1
INTERFAZ E1	Tarjeta de interfaz E1 para el PBX de la oficina	1
<b>EQUIPO NODO MONTERREY</b>		
CISCO2821-SRST/K9	CISCO 2821 Voice Bundle w/ PVDM2-32,FL-SRST-48,SP Serv,64F/256D	1
VWIC-1MFT-G703	1-Port RJ-48 Multiflex Trunk - G.703	1
S28NSPSK9-12311T	CISCO Cisco 2800 IOS SP SERVICES	1
PVDM2-32	CISCO 32-Channel Packet Voice/Fax DSP Module	1
INTERFAZ E1	Tarjeta de interfaz E1 para el PBX de la oficina	1
<b>EQUIPO NODO LOCAL D.F.</b>		
CISCO2811	CISCO 2811 w/ AC PWR,2FE,4HWICs,2PVDMs,1NME,2AIMS,IP BASE,64F/256D	1
S28NAISK9-12403	CISCO Cisco 2800 ADVANCED IP SERVICES	1
VWIC2-1MFT-T1/E1	CISCO 1-Port 2nd Gen Multiflex Trunk Voice/WAN Int. Card - T1/E1	1
VWIC-1MFT-G703	1-Port RJ-48 Multiflex Trunk - G.703	1
INTERFAZ E1	Tarjeta de interfaz E1 para el PBX de la oficina	1

*Tabla 4.3 Equipo propuesto para cada oficina.*

Con esto, se tiene entonces, la solución de VoIP, para la empresa. En si consiste en establecer la convergencia de las redes de voz y datos, para transportar la voz sobre la misma WAN.

A diferencia de la solución anterior, se pueden tener más llamadas simultáneas, pues ya se cuenta con un ancho de banda mucho mayor, tenemos un escenario ya no de interfaces analógicas sino digitales. Aunque de cualquier forma, se sigue invirtiendo en equipo para los

PBX, las tarjetas que se necesitan pueden ser de utilidad en una futura migración hacia la telefonía IP.

Aquí, la interconexión entre los PBX, se realiza ya sea por medio de protocolos propietarios de cada PBX, si es que se requiere de esa forma, o por un protocolo estándar como es Q.SIG. La ventaja con el primero es que se conservan toda la gama de funcionalidades del PBX, pero solo se puede realizar cuando todos los PBXs a enlazar son del mismo fabricante. Para nuestro caso, y en general suele suceder así, no todos los PBXs de las oficinas son del mismo fabricante e incluso debido a la antigüedad de los mismos no soportan el protocolo. La segunda opción proporciona la ventaja de que al ser un protocolo estándar de la industria, no importa que los PBXs sean de la misma marca; pero se tiene la desventaja de que no se conservan todas las facilidades propias de cada PBX. Sea cual sea la opción que se presenta la ventaja es que la marcación por extensión ya está presente entre las oficinas, para lo cual se tiene que tener un plan de numeración uniforme entre ellas.

Este tipo de solución puede ser apropiado para aquellas empresas que buscan de una forma u otra abatir costos de larga distancia al tener el tráfico de voz sobre el de datos; además les facilita la integración futura de Telefonía IP, resultando en una inversión con un impacto no tan profundo dado que ya se contaría con parte de la infraestructura.

Es importante, que se establezcan niveles de QoS en los routers/gateways para evitar problemas de retardo y jitter, además de los codecs adecuados para evitar tener que comprimir más la voz, pues esto genera un gasto del CPU del router cada vez que el tráfico de voz pasa por éste.

Aún cuando esta solución satisface aún más las necesidades que la solución anterior, todavía no cumple con todas éstas. Es claro que aún tiene que invertirse en equipo de PBX, algo inevitable aún al implementar telefonía IP; pero se tiene la limitante de crecimiento, se llega al dilema de las ranuras para tarjetas en el PBX, además de que la administración de todo el sistema aún no es homogéneo, pues se tiene que lidiar con la desventaja de que todos los PBXs son de diferentes marcas, además de todas las facilidades de los sistemas telefónicos que se ven reducidas debido a esa inconsistencia.

Es por ello, que para solucionar completamente las necesidades de la empresa asegurando todos y cada uno de los puntos mencionados en la primera parte de este capítulo, damos paso a la solución de telefonía IP.

### 4.2.3 IPT

La solución propuesta es la siguiente:

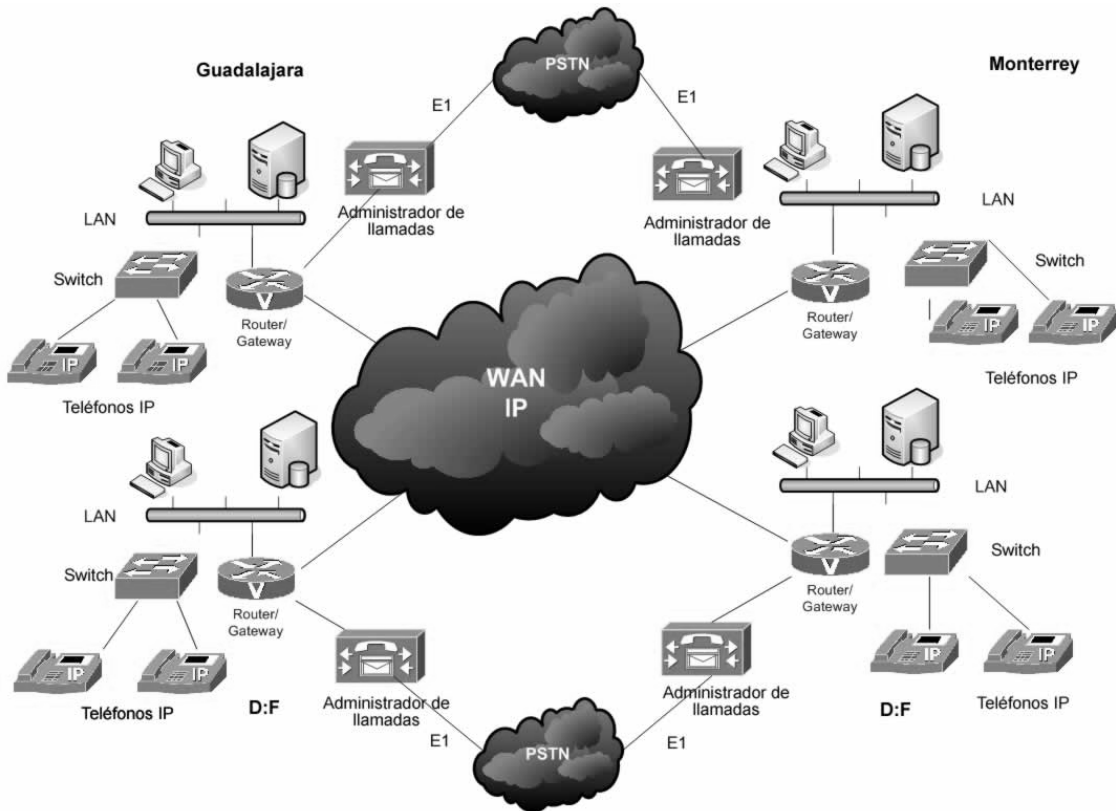


Figura 4.5 Propuesta IPT

La propuesta de Telefonía IP propone la sustitución de los PBXs de las oficinas (de manera gradual en el nodo central debido al tamaño de la oficina en cuanto a usuarios) para así tener una red convergente en la cual se pueden tener diferentes tipos de aplicaciones de voz y datos.

Actualmente en el mercado se tienen una gran variedad de fabricantes que proporcionan los equipos para implementar las soluciones de telefonía IP, para este ejemplo, tomamos como referencia para diseñar la solución equipos del fabricante Nortel Networks y Cisco Systems.

## 4.3 Descripción de los sistemas de Telefonía IP propuestos.

### 4.3.1 *Solución Nortel Networks*

En la solución de Nortel Networks, el Call Server 1000S es un PBX IP, que fue diseñado para soportar la convergencia de las redes de voz y datos, soporta todas las características de IP además de SIP.

Las características principales del Call Server 1000S son:

- Capacidad
- Flexibilidad y redundancia
- Aplicaciones de Software
- Administración del sistema mejorada
- Equipo Terminal
- Interconectividad e interoperabilidad

#### 4.3.1.1 Características y facilidades del sistema telefónico

##### **Capacidad.**

El Call Server 1000S puede soportar hasta cuatro Media Gateways 1000s (MG 1000S), y en caso de crecimiento puede soportar un MGS 1000S Expander; y hasta 1000 teléfonos IP.

Cada CS1000 de nodo central puede soportar hasta 255 oficinas remotas, cada oficina remota soporta hasta 400 usuarios de teléfonos IP; sin embargo, dado que todos los teléfonos IP se registran en la oficina principal, el número total de teléfonos IP que puede haber en las oficinas remotas no puede ser más grande que la capacidad de la oficina central.

##### **Flexibilidad y Redundancia.**

El CS 1000S puede ser implementado en muchas configuraciones flexibles en un ambiente LAN o WAN, y también en una sola localidad, en un campus, o en una red con varias oficinas remotas.

Proporciona también cierto número de características para asegurar que la telefonía está disponible en caso de una falla en el sistema de alguno de los sitios, por medio de la redundancia en sus componentes:



---

Call Server con distribución de bases de datos automática  
Software de Signaling Server, incluyendo software de Gateway H.323 y Teléfonos IP  
Gatekeeper H.323  
Interfaz del Gateway H.323 hacia el Gatekeeper  
MG 1000S distribuido en campus en modo de sobrevivencia

### **Aplicaciones de Software**

El CS 1000S soporta una gran variedad de aplicaciones, como son:

- Aplicaciones Call Pilot. Es un sistema de mensajería multimedia que administra la información, ya sea voz, fax, mensajes de e-mail, llamadas telefónicas, conferencias, calendarios, directorios, call logs.
- Servidor de Call Center Symposium. Ofrece una gran variedad de aplicaciones como el procesamiento de llamadas, manejo de agentes de call center y capacidades de reporte.
- Nortel Networks Integrated Recorded Announcer. Permite la administración de mensajes grabados utilizando una interfaz web.
- Nortel Networks Remote Gateway 9150. Se instala en la oficina remota y se comunica con el sitio central utilizando una conexión BRI ISDN o 10BaseT. Utiliza la tecnología de VoIP para rutear los paquetes de voz y señalización entre la oficina remota y el CS 1000S de core.
- Nortel Networks Integrated Call Assistant. Puede rutear llamadas a destinos deseados cuando son desplegados una serie de anuncios.
- Nortel Networks Integrated Conference Bridge. Permite agendar y administrar conferencias utilizando una interfaz web.
- Nortel Networks Integrated Call Director. Permite redirigir automáticamente llamadas entrantes hacia otro número de celular o residencial.

### **Equipo Terminal**

El Call Server 1000S soporta el siguiente equipo terminal:

- Teléfonos IP
- Teléfonos SIP
- Teléfonos inalámbricos
- 802.11 WLAN
- Adaptador de teléfono IP
- Dispositivos analógicos
- Consolas de operadora

### **Interconexión e Interoperabilidad**

El Call Server 1000S utiliza el protocolo estándar H.323 para soportar la interconexión con otros fabricantes.

## Arquitectura de hardware

Un sistema típico de Call Server 1000S tiene los siguientes componentes:

- Call Server. Proporciona los servicios de telefonía, tales como procesamiento de llamada y características relacionadas con troncales. También funciona como servidor de bases de datos para la sincronización de la información de configuración con todos los sistemas MG 1000S.
- Signaling Server
- Media Gateway (MG 1000S)
- Teléfonos IP
- Switch Ethernet capa 2
- Unidad PoE

## IP Peer Networking

IP Peer Networking permite distribuir las funciones de los sistemas Call Server (CS 1000) sobre la WAN, utilizando gateways SIP y H.323 de Nortel Networks o de otros fabricantes. Las ventajas del IP Peer Networking son:

- Proporciona cobertura global de las interfaces de señalización de VoIP.
- Habilita la interconexión de múltiples sistemas en una red IP
- Habilita el aprovisionamiento de teléfonos IP en cualquier lugar de la red IP (LAN/MAN/WAN) y también permite conectar routers, switches capa 2 y 3, bridges y hubs
- Permite que los Call Servers trabajen en conjunto en la red, sobre facilidades IP, sin utilizar la conmutación de circuitos.

IP Peer Networking utiliza trayectorias directas de IP Media para conexiones que involucran dos dispositivos IP. Los Media streams son ruteados directamente entre los teléfonos IP y gateways sobre la red IP, utilizando Troncales Virtuales. Esto minimiza los problemas de calidad de la voz causados por el delay el transcoding (conversión de un codec a otro) entre la voz conmutada y los paquetes IP.

## Troncales Virtuales

Las troncales virtuales son componentes de software configurados en loops virtuales, similares a los teléfonos IP. Una troncal virtual actúa como el puente entre las características de procesamiento de llamada existentes y la red IP, permitiendo también el acceso a todo el ruteo de troncales; además no requieren recursos DSP (Digital Signal Processor) para proporcionar todas estas funcionalidades.

## Signaling Server

El Signaling Server es un servidor con estándares de la industria que proporciona un procesador central para dirigir la señalización SIP y H.323, señalización de teléfonos IP y el IP Peer Networking; para proporcionar estas interfaces de señalización a la red IP utiliza componentes de software que corre en el sistema operativo propietario en tiempo real llamado VxWorks™.

El Signaling Server desempeña las siguientes funciones:

- Actúa como un Servidor de Redireccionamiento SIP y un Gatekeeper H.323
- Corre los gateways de señalización SIP y H.323 (para las troncales virtuales)
- Actúa como un Servidor Proxy de Terminal (TPS)
- Actúa como un servidor web para el Element Manager
- Almacena el directorio personal, la lista de llamadas, y la base de datos para rellamadas

Como las Media Cards, el Signaling Server tiene interfaces ethernet (subredes) ELAN (Embedded Local Area Network) y TLAN (Telephony Local Area Network). La interfaz ELAN conecta el Call Server, el Signaling Server, la SSC, la Voice Gateway Media Card y el OTM para propósitos de comunicación del sistema. La interfaz TLAN conecta la Voice Gateway Media Card, el Signaling Server y los teléfonos IP para propósitos de comunicación del sistema.

### Servidor Proxy de Terminal (TPS)

El TPS proporciona la interfaz de señalización para los teléfonos IP. Soporta un máximo de 10,000 teléfonos IP en cada Signaling Server. El TPS en conjunto con el Call Server proporciona todo el conjunto de facilidades de los teléfonos. Cada teléfono puede ser configurado a través de DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol) para registrarse con el Call Server para el control de facilidades.

El TPS en el Signaling Server también administra el firmware para los teléfonos IP que se han registrado en él.

### Gateway de Señalización SIP y H.323 (Troncal Virtual)

La conectividad SIP básica, o SIP trunking, proporciona un camino directo entre los usuarios del dominio del CS 1000S y del dominio SIP. El software de SIP trunking es responsable de funcionar como un Agente de Usuario SIP y un gateway de señalización para todos los teléfonos IP.

El software de señalización H.323 o Troncal Virtual proporciona la interfaz de señalización hacia los gateways H.323, este software utiliza un gatekeeper H.323 para resolver el direccionamiento en sistemas en diferentes sitios.

---

El Gateway H.323 soporta trayectorias de voz directas y punto a punto utilizando Trocales Virtuales proporcionando así la eliminación de las múltiples conversiones de Telefonía IP a conmutación de circuitos, una calidad de voz mejorada, resolución de problemas simplificada e interoperabilidad.

### **Network Routing Service**

La característica de IP Peer Networking proporciona el Network Routing Service (NRS) en el cual se registran todos los sistemas en la red. El NRS consta de tres componentes:

Servidor de Redireccionamiento SIP. Lógicamente rutea (directa o indirectamente) los requests SIP al destino apropiado.

Gatekeeper H.323. El software del gatekeeper proporciona la resolución de número telefónico a dirección IP. Dado que todos los sistemas en la red se registran en el gatekeeper H.323, no hay necesidad de configuraciones manuales en cada sitio, lo cual evita también que se dupliquen los planes de numeración entre sitios.

El Network Connection Service (NCS) proporciona una interfaz al TPS, habilitando al TPS para realizar queries sobre el NRS utilizando el protocolo UNISim. El NCS se requiere para soportar la característica de Branch Office, Virtual Office y Redundancia Geográfica.

### **Directorio Personal, Lista de Llamadas y Base de datos de rellamadas.**

El directorio personal, la lista de llamadas y la lista de rellamadas son almacenadas en el Signaling Server. Solo puede existir una base de datos en la red sin soportar redundancia. La base de datos puede coexistir con otras aplicaciones de software en el Signaling Server. Sin embargo, si hay más de 1000 usuarios, la base de datos debe ser almacenada en un Signaling Server dedicado por separado, pero no en una Branch Office.

### **Redundancia.**

Para proveer redundancia en caso de que un Signaling Server falle, basta con instalar otro adicional, al hacer esto se proporciona también un balanceo de carga para el TPS y una ruta alterna para el software del gateway SIP y H.323.

En una configuración de redundancia, uno de los Signaling Servers se designa como líder, el otro o los otros se designan como seguidores; en caso de que un Signaling Server líder falle, un Signaling Server seguidor asume ese rol. También, en este tipo de redundancia, el NRS se configura como primario, alterno o a prueba de fallos.

### **Branch Office.**

La característica de Branch Office extiende las facilidades del CS 1000 de una oficina central a una o más oficinas remotas. Esta característica es implementada en la plataforma del Media Gateway 1000B (MG 1000B), dicha plataforma incluye un MG 1000B de core conectado a un Call Server en la oficina central sobre la LAN o la WAN. Esta configuración permite que una locación secundaria centralice el procesamiento de llamadas de la red IP. El Call Server en la oficina principal proporciona el procesamiento de llamadas para los teléfonos IP tanto en la oficina principal como en las remotas. EL MG 1000B de core proporciona la funcionalidad de procesamiento de llamadas para dispositivos analógicos además del acceso de las troncales analógicas y digitales hacia la PSTN.

La plataforma MG 1000B se conecta a la oficina central por medio de troncales virtuales en la red LAN/WAN. La oficina central transmite y controla las llamadas de los teléfonos IP y las conexiones de la red IP; si por alguna razón algo falla en ésta, o si la red se cae, una tarjeta integrada en el MG 1000B llamada SSC (Small System Controller) es la que proporciona el servicio a los teléfonos de las oficinas remotas; permitiendo así que los teléfonos IP sobrevivan a las fallas entre oficinas. Para oficinas remotas con muy pocos usuarios, existe la característica Survivable Remote Gateway que proporciona las mismas características que la característica de Branch Office.

El Signaling Server es requerido para implementar la característica de Branch Office, se puede utilizar un segundo Signaling Server para proporcionar redundancia en el caso de una falla en el otro Signaling Server de la oficina remota. El NRS debe residir en el Signaling Server principal.

## **4.3.1.2 Gateway**

### **Media Card – Voice Gateway Media Card (Branch Office)**

La Media Card actúa como una Voice Gateway Media Card, proporcionando un pool de puertos DSP (Digital Signal Processor) para el media transcoding entre los paquetes de VoIP y los recursos de conmutación de circuitos. La tarjeta viene equipada con módulos DSP. Las llamadas entre dos teléfonos IP no requieren puertos DSP no así las llamadas entre teléfonos IP y teléfonos analógicos y digitales. Las Media Cards proporcionan cancelación de eco, compresión y decompresión de los flujos de voz.

### **SRG (Survivable Remote Gateway)**

El SRG (Survivable Remote Gateway) puede ser utilizado en las oficinas remotas conectándose a un Call Server de core, su característica es que puede cubrir las necesidades de oficinas remotas pequeñas, es decir con pocos usuarios.

Funciona de manera similar al Branch Office, durante el modo de operación normal, los teléfonos IP se registran al nodo central, el cual proporciona los servicios y características soportados por el mismo. Todas las llamadas hacia el SRG son ruteadas a través del nodo central. Esto incluye las llamadas locales hacia el SRG, las cuales son automáticamente desviadas hacia el nodo central. Si el SRG pierde el enlace WAN hacia el nodo central, los teléfonos IP funcionan entonces en modo local, lo cual significa que se registran de nuevo con el SRG. Durante el modo local, solo están disponibles un número limitado de facilidades telefónicas, pues ahora dependen del SRG, una vez que el enlace WAN es reestablecido los teléfonos IP se vuelven a registrar automáticamente con el nodo central.

### **4.3.1.3 Administración del sistema**

El sistema puede ser administrado utilizando el OTM (Optivity Telephony Manager) o Element Manager.

#### **OTM (Optivity Telephony Manager)**

Se conforma de todo un conjunto de herramientas de administración del sistema, es compatible con una PC estándar, y proporciona un solo punto de acceso y control a la administración del sistema.

El OTM permite obtener las siguientes características del sistema:

- Un solo punto de conectividad al sistema y sus dispositivos relacionados.

- Recolección de datos para los registros de tráfico y costeo.

- Recolección, procesamiento, distribución y notificación de alarmas y eventos.

- Propagación de datos.

- Herramientas de medición de desempeño como son el Paquete de Análisis de Tráfico y estadísticas de RTCP del TPS (Terminal Proxy Server) y las tarjetas del Voice Gateway.

- Aplicaciones de administración web, incluyendo seguridad.

### **Administración de ancho de banda en la red.**

El CS 1000 proporciona el soporte para la administración del ancho de banda en la red, de manera que la calidad de la voz pueda ser administrada entre múltiples Call Servers utilizando IP Peer Networking en ciertos escenarios. Esta característica permite que ciertas zonas del ancho de banda sean configuradas de acuerdo a la red de manera que el software de asignación de ancho de banda y de selección de codec pueda identificar a teléfonos IP o gateways que están físicamente colocados en la misma zona de ancho de banda, aún cuando son controlados por diferentes Call Servers.

### **Servidor Web Element Manager.**

El Servidor Web Element Manager reside en el Signaling Server y puede ser accesado a través de un navegador web o el Optivity Telephony Manager (OTM). El Element Manager es una interfaz web simple y amigable al usuario que soporta una gran variedad de tareas de administración del sistema, como son:

- Configuración y mantenimiento de los IP Peer y facilidades de los teléfonos IP.
- Configuración y mantenimiento de las rutas tradicionales y troncales.
- Configuración y mantenimiento de los planes de numeración
- Configuración de la información del Call Server
- Comandos de mantenimiento, status del sistema y funciones de respaldo y restauración del sistema
- Descarga de software

#### **4.3.1.4    QoS y seguridad**

Para un desempeño óptimo, los teléfonos IP deben de ser instalados en una red de Telefonía IP con calidad de servicio, para lo cual deben de cumplirse ciertos niveles. QoS (Quality of Service) es la medida de calidad entre dos nodos en una red IP.

La pérdida de paquetes de datos pueden contribuir a un pobre QoS, esto puede ocurrir antes de alcanzar el switch de Capa 3 o el router, debido a la congestión en el switch de capa 2; aunque también pueden perderse paquetes cuando se hacen decisiones de ruteo.

Antes de alcanzar el dispositivo de capa 3, un paquete de voz puede pasar a través de uno o más switches de capa 2. los "uplinks" entre estos dos switches pueden encontrar cierta congestión, por ello, los protocolos 802.1Q/802.1p proporcionan mecanismos para tratar la voz y su señalización con una prioridad alta, descartando cualquier otro tipo de tráfico.

### **Etiquetado de paquetes en Capa 2 (Protocolos 802.1Q/802.1p)**

El etiquetado de paquetes en capa 2 prioriza el tráfico a nivel de capa de enlace, utilizando el estándar 802.1Q/802.1p, en adición a esto se puede utilizar VLANs para administrar la prioridad.

Los protocolos 802.1Q/802.1p aplican a los teléfonos IP, los cuales soportan la característica llamada Negociación Automática. La configuración de los parámetros de 802.1Q/802.1p y la Negociación Automática no está disponible en las tarjetas del Voice Gateway o en la interfaz 100BaseT de los Media Gateways, para que lo esté, esto debe de configurarse en un switch decapa2/3 que soporte estas características.

### **Etiquetado de paquetes en Capa 3 (Servicios Diferenciados)**

El etiquetado de paquetes en capa 3 prioriza el tráfico al nivel de la capa de red utilizando Servicios Diferenciados (DiffServ). El Call Server 1000S y 1000M soportan los etiquetados DiffServ para los paquetes de voz de los teléfonos IP y las tarjetas del Voice Gateway; la configuración del DiffServ se realiza a través del Element Manager.

### **Números de Puertos de Capa 4**

Muchos routers soportan la administración de QoS utilizando números de puertos de capa 4. Se pueden seleccionar los números de puerto para los teléfonos IP y para las tarjetas del Voice Gateway a través del Element Manager. Esto permite que el administrador de red administren QoS al seleccionar puertos TCP o UDP con alta prioridad.

### **Seguridad**

Las siguientes características de seguridad deben ser consideradas:

- Firewalls
- NAT (Network Address Translation)
- Acceso seguro a VPN's (Virtual Private Networks) a través de encriptación IPSec .

Los routers pueden utilizar NAT y IPSec para los usuarios remotos de la red, que se conectan a la misma a través de Internet utilizando encriptación IPSec, también debe de existir un firewall. Se deben de considerar también en las políticas de seguridad los puertos que son requeridos para VoIP para abrirlos y que pueda pasar el firewall.



### 4.3.1.5 Ingeniería propuesta y diagrama esquemáticos

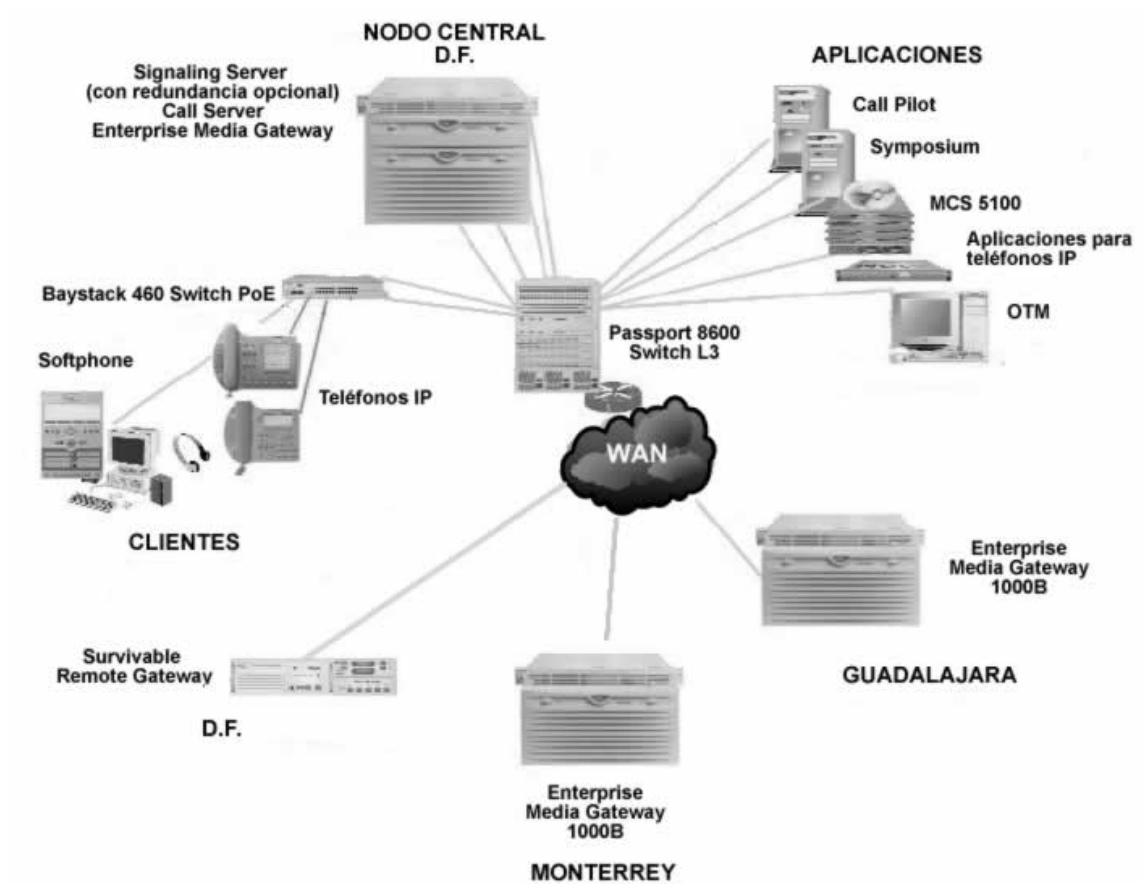


Figura 4.6 Propuesta IPT

La solución consiste en tener un Call Server y un Signaling Server con redundancia (opcional) en el nodo central del D.F., es aquí donde estará el Call Server de Core, que llevará a cabo el procesamiento de las llamadas de las oficinas remotas (local, Guadalajara y Monterrey).

En el Call Server de Core se pueden agregar una gran variedad de aplicaciones entre las que están además del correo de voz, el OTM que sirve para la administración del sistema. Para proporcionar la energía necesaria para funcionar a los teléfonos IP, se recurren a switches PoE Baystack 460, aunque también puede incluirse un Business Policy Switch 2000 para reforzar las políticas de QoS; se pueden agregar también softphones.

En las oficinas de Guadalajara y Monterrey se propone poner la facilidad de Branch Office por medio del Media Gateway 1000B. De acuerdo con las características de esta solución descritas

anteriormente, al tener la facilidad de Branch Office, en caso de falla del enlace WAN, el Call Server del nodo central falla, y los Media Gateways de las oficinas pueden realizar entonces el procesamiento de las llamadas.

En el caso de la oficina local del D.F. se propone un equipo que es adecuado para oficinas con pocos usuarios, el SRG (Survivable Remote Gateway), que al igual que el Media Gateway realiza el procesamiento de llamadas cuando el enlace WAN falla y se pierde la conexión con el Call Server del nodo central en el D.F.

El equipo propuesto para esta solución se muestra en la tabla 4.4:

EQUIPO NODO CENTRAL		
No. PARTE	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
NTDU27DB	Signaling Server - Release 4.0	1
NTDU30BA	CS1000 Call Server Shelf Assembly	1
NTDU22DD	Media Gateway 1000B - 0 Line 0 Trunk - Release 4.0	1
DS1404048	Passport 8600 Edge Switch Bundle -- 64 ports.	1
NTYC60GA	BayStack 460 Power over Ethernet Switch	11
NTDU91AA16	IP Phone 2002 (Ethergray) with icon keycaps without power supply	250
INTERFAZ E1	Interfaz E1 para el PBX e interconectar con el Call Server	1
EQUIPO NODO GUADALAJARA		
NTDU27DB	Signaling Server - Release 4.0	1
NTDU22DC	Succession Branch Office -0 Line 0 Trunk Release 3.0	1
NTDU22DD	Media Gateway 1000B - 0 Line 0 Trunk - Release 4.0	1
NTYC60GA	BayStack 460 Power over Ethernet Switch	5
NTDU91AA16	IP Phone 2002 (Ethergray) with icon keycaps without power supply	100
EQUIPO NODO MONTERREY		
NTDU27DB	Signaling Server - Release 4.0	1
NTDU22DC	Succession Branch Office -0 Line 0 Trunk Release 3.0	1
NTDU22DD	Media Gateway 1000B - 0 Line 0 Trunk - Release 4.0	1
NTYC60GA	BayStack 460 Power over Ethernet Switch	5
NTDU91AA16	IP Phone 2002 (Ethergray) with icon keycaps without power supply	80
EQUIPO NODO LOCAL D.F.		
NTDU87AA	SRG 1.0 and BCM 400 NA Marketing Package	1
NTYC60GA	BayStack 460 Power over Ethernet Switch	3
NTDU91AA16	IP Phone 2002 (Ethergray) with icon keycaps without power supply	50

*Tabla 4.4 Equipo Nortel propuesto para cada oficina.*

Es importante mencionar que para el nodo central se requiere de una tarjeta de interfaz E1 para el PBX e interconectarlo al Call Server, para que de esta forma convivan ambos sistemas mientras se realiza la migración gradual. Hay que considerar también la conexión del Call Server, los Media Gateways y el SRG hacia la PSTN, contratando con el carrier los enlaces E1 correspondientes.

## 4.3.2 *Solución Cisco Systems*

La tendencia actual es reemplazar los sistemas de PBX con servidores de procesamiento de llamadas basados en el protocolo IP; lo mismo sucede con los sistemas de correo de voz, los teléfonos analógicos y digitales por teléfonos IP e incluso los sistemas de video transmisión. En la solución de telefonía IP de Cisco, los elementos anteriormente descritos son reemplazados por los siguientes elementos:

- El PBX es reemplazado por el servidor de procesamiento de llamadas Cisco Call Manager.
- El Sistema de correo de voz, es reemplazado por el sistema de correo de voz basado en IP llamado Cisco Unity.
- Los teléfonos analógicos y digitales son reemplazados por los teléfonos IP Cisco

### 4.3.2.1 Características y facilidades del sistema telefónico

Los componentes principales de una solución basada en equipo Cisco y las áreas clave para la implementación de la Telefonía IP son:

- Infraestructura de red
- Procesamiento de llamadas
- Servicios de directorio del CallManager
- Terminales de Telefonía IP
- Control de admisión de llamadas
- Fax
- Media Resources
- Aplicaciones

#### Infraestructura de Red

La infraestructura de red juega un rol principal al implementar redes convergentes. La integración del tráfico de voz y datos requiere de fuertes requerimientos en lo que se refiere a la pérdida de paquetes, retardo, y el jitter; como se ha venido mencionando a lo largo de los capítulos de esta tesis. Por ello, al diseñar las redes de Telefonía IP (IPT), se debe de contar con equipos en la infraestructura de red, tanto en la parte de WAN como LAN, que soporten mecanismos de calidad de servicio, es decir, QoS, en adición a contar con la facilidad de rápida convergencia en caso de que existan fallas en la red para evitar el retardo y el jitter.

El adicionar el tráfico de voz por encima del tráfico de datos incrementa los requerimientos de ancho de banda tanto en la LAN como en la WAN. Este problema en la LAN no es tan complicado de resolver, debido a las tecnologías de switcheo de alta velocidad que existen en el mercado. Sin embargo, para transportar tráfico de voz en los enlaces WAN, se necesita asegurar que existe el suficiente ancho de banda disponible para soportar el transporte de las llamadas, y utilizar mecanismos de QoS para priorizar el tráfico de voz.

### Procesamiento de llamadas.

El software con que cuenta el CallManager es el principal componente de la solución de Cisco IPT. El CallManager maneja todas las requisiciones de procesamiento de llamadas recibidos de los clientes de la red IPT. El software del Call Manager corre en los sistemas operativos Microsoft Windows 2000 Server / Windows 2000 Advanced Server. Dicho software se instala en el Cisco Media Convergence Server (MCS). La selección de la plataforma de hardware depende del tamaño de la red que se va a implementar, como se muestra en la tabla 4.5

PLATAFORMA SERVIDOR	MÁXIMO NÚMERO DE DISPOSITIVOS POR SERVIDOR
Cisco MCS-7845	7500
Cisco MCS-7835	2500
Cisco MCS-7825	1000
Cisco MCS-7815	300

*Tabla 4.5 Máximo número de dispositivos por plataforma de servidor <sup>18</sup>*

### *Agrupamiento (Clustering) de CallManager.*

Los servidores de CallManager pueden ser agrupados para formar agrupaciones o clusters para soportar más dispositivos (teléfonos IP, gateways, etc...). Dependiendo de la versión del software del CallManager, un cluster puede tener hasta 8 servidores de CallManager corriendo servicios, además de poder contar con servidores adicionales, como son servidores de publicaciones, servidores de TFTP (Trivial File Transfer Protocol), servidor de música en espera (MoH), entre otros. Un servidor de publicaciones, contiene la base de datos de Microsoft SQL, con permisos de lectura-escritura, el cual almacena la información de configuración de CallManager; sólo puede haber un servidor de publicaciones por cluster. Todos los otros servidores en el cluster, llamados suscriptores, tienen la base de datos con permisos de solo lectura. Debido a esto, si el servidor de publicaciones está fuera, no se pueden hacer actualizaciones, como adicionar nuevos dispositivos, cambiar passwords de usuario, códigos de marcación, o cualquier otra operación que implique hacer modificaciones en la base de datos.

CallManager almacena la configuración de los teléfonos IP en el servidor TFTP, dicha información es almacenada en formato XML, contiene información tal como directorios de URLs, autenticación de URLs, lenguajes, etc... Los teléfonos IP y muchos otros dispositivos en una red de Telefonía IP Cisco pueden descargar el firmware y la información de configuración del servidor TFTP. Para redes que requieren de gran disponibilidad, se pueden implementar dos servidores TFTP para proporcionar redundancia y balanceo de cargas en la red.

### Servicios de directorio del CallManager

El CallManager está equipado con un directorio bajo LDAP (Lightweight Directory Access Protocol) llamado Directorio DC (DCD). CallManager almacena las configuraciones del sistema y los dispositivos en una base de datos de Microsoft SQL. En el DCD se almacenan los scripts de aplicación, la autenticación y autorización de usuario, los perfiles de movilidad de las extensiones, los perfiles de asistencia personal, el libro de direcciones personales, el saludo personalizado, los números de marcación rápida y toda la información de desvíos de las extensiones; en un cluster, el proceso del DCD replica la información entre los miembros del mismo. En la práctica el CallManager puede utilizar el DCD o integrarse con el directorio corporativo como Microsoft Active Directory 2000/2003 o Supone 5.x Server.

La integración del CallManager con el directorio corporativo trae consigo los siguientes beneficios:

- No se necesita mantener dos directorios separados (para el directorio corporativo y para el CallManager) lo cual se traduce en una mínima administración de encabezado.
- Al implementar varios clusters, no se necesita proporcionar diferentes servicios para buscar a los usuarios en diferentes clusters.
- Todos las altas, bajas y cambios están centralizados.

### Terminales de Telefonía IP

En una red de telefonía IP Cisco, las terminales son dispositivos que aceptan o inician una sesión de VoIP, y son, por ejemplo, teléfonos IP, softphones, teléfonos IP inalámbricos, gateways, la característica SRST (Survivable Remote Site Telephony), y el CallManager Express.

#### *Teléfonos IP Cisco*

La selección de los teléfonos IP se lleva a cabo de acuerdo a los requerimientos de los usuarios y el presupuesto para el proyecto.

Los teléfonos IP mantienen la conexión a los servidores CallManager primario y el de espera (stand by). En un grupo de servidores CallManager redundante, el primer CallManager listado tiene la prioridad más alta, así los teléfonos IP siempre se registran con el CallManager con más

---

alta prioridad. Si la empresa ya tiene un servidor de DHCP puede extender los servicios de este a los teléfonos IP.

### *Softphones*

Los softphones son aplicaciones de software que transforman una PC en un teléfono IP con todas las características de éste, es decir, que puede hacer, recibir y manejar llamadas. Este tipo de aplicaciones son útiles para usuarios que requieren movilidad, esto claro, contando con que la laptop cuenta con conexión wireless. En la solución de Cisco se cuentan con dos modalidades de softphone:

- Cisco IP Softphone. Es una aplicación tipo TAPI (Telephony Application Programming Interface) que se comunica con el CallManager vía CTI (Computer Telephony Interface).
- Cisco IP Communicator. Se comunica con el CallManager vía SCCP (Skinny Client Control Protocol), la interfaz de usuario es como la de un teléfono IP Cisco.

### **SRST (Survivable Remote Site Telephony)**

La característica SRST proporciona el soporte de respaldo para los teléfonos IP que están conectados detrás de un router que corre la versión del software Cisco con el sistema operativo IOS que soporta esta característica. Esto permite implementar IPT en una oficina remota en un modelo de procesamiento de llamadas centralizado. Esto es, en condiciones normales, cuando el CallManager está activo y el enlace WAN está disponible, los teléfonos IP en la oficina remota funcionan de la misma forma que los de la oficina central. La característica de SRST en el router se activa desde el momento en que los teléfonos IP detectan alguna falla en el enlace WAN; entonces los teléfonos IP empiezan a registrarse con otros CallManager en el grupo de redundancia antes de registrarse en el router con SRST. De esta forma, el proceso de hacia el router con SRST puede tomar más tiempo si hay muchos más CallManager en el grupo de redundancia. La característica SRST proporciona el manejo básico de la llamada y características mínimas a los teléfonos IP durante la falla en el enlace WAN, cuando éste regresa, los teléfonos se registran de vuelta a su CallManager original.

### **CME (Cisco CallManager Express)**

CME es una característica propietaria del software de Cisco que está disponible en varios routers. CME proporciona las funcionalidades de un multilíneas para oficinas remotas pequeñas y medianas. En este tipo de solución, los teléfonos IP están siempre registrados en el router CME

### **CAC - Control de Admisión de Llamadas.**

En redes de VoIP, el CAC (Call Admisión Control) administra el ancho de banda, éste asegura que el suficiente ancho de banda está disponible para garantizar el permiso al gateway para

poner la llamada en el enlace WAN. Cuando se implementa IPT en varios sitios, existen dos opciones para implementar el CAC:

CAC CallManager basado en sitios. Es un mecanismo para limitar las llamadas enviadas a través del enlace WAN en un solo cluster de CallManager. Los sitios están configurados en el CallManager y se les asigna un ancho de banda máximo. El ancho de banda asignado por sitio depende del número de llamadas que son permitidas hacer en determinado sitio y el tipo de codec utilizado para ese sitio. Antes de hacer una nueva llamada, el CallManager verifica sus tablas de sitios para determinar si existe el suficiente ancho de banda está disponible para realizar esa nueva llamada; si este es el caso, la llamada es permitida y el CallManager actualiza el ancho de banda disponible para ese sitio. Esta opción de CAC es ideal para el procesamiento de llamadas centralizado con topología hub and spoke.

CAC Gatekeeper. En la solución de Cisco, este tipo de CAC, proporciona la admisión de llamadas y enrutamiento entre clusters de CallManager en implementaciones de clusters distribuidos. Es ideal para topologías de hub and spoke no así con topologías de malla. Las ventajas que se obtienen al utilizar este tipo de CAC son:

- Simplifica la administración del plan de marcación permitiendo adicionar rutas o dispositivos.

- Proporciona CAC entre llamadas de diferentes clusters, asegurando que la asignación del ancho de banda es estrictamente asegurada.

- Reduce los encabezados de configuración al eliminar la necesidad de configurar un dispositivo H.323 por separado para cada CallManager remoto que está conectado a la WAN.

- Ofrece una variedad de protocolos para comunicarse con el CallManager o gateways H.225

- Puede desempeñar ruteo básico de llamadas además de CAC.

## Fax

La mayoría de los gateways de cisco soportan tres métodos para transmitir tráfico de fax a través de la red IP:

- Fax Pass-through. El gateway no distingue entre una llamada de fax de una de voz.

- Cisco Fax Relay. El gateway termina la señalización de fax T.30

- T.38 Fax Relay. Este modo proporciona la característica de Fax Relay basado en estándares.

El modo Fax Relay es el método preferido para transmitir el tráfico de fax. Al igual que el tráfico de voz, el tráfico de fax es sensible al retardo, jitter y la pérdida de paquetes; por ello deben de estar habilitado QoS.

## Media Resources

La función de los dispositivos de media resources es mezclar los múltiples flujos de información en un solo flujo de salida, convirtiendo el flujo de datos de un tipo de compresión a otro; ejemplos de estos media resources son la conferencia y MoH (Music on Hold).

Los media resources pueden ser hardware o software, el CallManager tiene software embebido de media resources para realizar conferencias. La limitación de estos media resources es que no pueden combinar flujos que utilicen diferentes técnicas de compresión.

Los media resources por hardware tienen las mismas características que los de software con la ventaja adicional de que pueden combinar los flujos con diferentes técnicas de compresión, además de que ofrecen un buen desempeño y calidad porque todo el procesamiento se lleva a cabo en hardware.

MoH (Music on Hold) es una aplicación que se instala por default en los servidores CallManager, ésta proporciona música o anuncios cuando los usuarios ponen llamadas en espera.

## Aplicaciones

La instalación de la gran variedad de aplicaciones que ofrecen las aplicaciones de Cisco es opcional, aunque estas incrementan las características y capacidades de toda la red de IPT, estos son:

CRS (Customer Response Solution). Proporciona telefonía interactiva y servicios multimedia, estos incluyen: Cisco Operadora Automática, Cisco IVR (Interactive Voice Response) , Cisco IP Contact Center.

Cisco Unity. Es el correo de voz de la solución de Cisco, que proporciona mensajería unificada (e-mail, voz, y fax en uno solo) para Microsoft Exchange o Lotus. Sin embargo, el CallManager es compatible con otros sistemas de correo de voz como Lucent, Avaya o Nortel.

CCC (Cisco Conference Connection). Es una aplicación que permite a los usuarios agendar conferencias vía una interfaz web.

Servicios de Teléfonos IP. Los siguientes servicios pueden ser proporcionados a través del teléfono IP para los usuarios: calendario, información del clima, información de vuelos, búsqueda en el directorio corporativo, estadísticas. Todo esto requiere de una conexión a través de un servidor web externo como Microsoft Internet Information Server (IIS) o Apache.



### 4.3.2.2 Gateway

Los gateways conectan la red de telefonía IP (IPT) hacia la PSTN o al PBX. El CallManager soporta una gran variedad de gateways. La selección del gateway depende de los requerimientos específicos del proyecto y el sitio donde se va a implementar. El lugar geográfico de los gateways determina el tipo de interfaces y la selección del protocolo de la capa de enlace. El CallManager se comunica con los gateways utilizando cualquiera de los siguientes protocolos:

- MGCP
- H.323
- SIP

Los gateways basados en MGCP proporcionan la supervivencia de las llamadas y no requieren de un plan local de marcación. Todas las configuraciones de plan de marcación se tienen que hacer en el CallManager, mientras que los gateways H.323, se necesita configurar un plan de marcación local en el router configurando los *dial peer* de voz.

Cisco ofrece una gran variedad de gateways, que son esencialmente routers y switches con interfaces que se pueden conectar a la PSTN o al PBX. Estos soportan dos tipos de interfaces de señalización: analógica y digital. Las interfaces de señalización digital utilizan protocolos de señalización FXO (Foreign Exchange Office), FXS (Foreign Exchange Station) y E&M. Las interfaces digitales utilizan T1/E1 PRI (Primary Rate Interface), ISDN BRI (Basic Rate Interface), o T1 CAS. La mayoría de los gateways con el sistema operativo de Cisco, el IOS, soportan H.323, MGCP y SIP, mientras que los gateways catalyst, los cuales se integran en un switch soportan MGCP.

### 4.3.2.3 Administración del sistema

La solución IPT de Cisco incluye componentes principales como el CallManager, teléfonos IP, gateways y servidores de aplicación. La infraestructura de red sobre la cual está montada la solución IPT incluye routers y switches; por lo cual es importante mantener bajo control ambas partes.

Para efectos de monitoreo y administración de la solución, existe el software ITEM (CiscoWorks IP Telephony Environment Monitor), el cual consiste de varias herramientas que ayudan a monitorear el sistema de telefonía IP. ITEM corre en Microsoft Windows 2000 Server y otras plataformas profesionales. Los principales componentes de ITEM son CiscoWorks y IP Telephony Monitor, además de otros módulos como GSU (Gateway Statistics Utility), IPIU (IP Phone Information Utility), y IPHDU (IP Phone Help Desk Utility). Los beneficios de contar con este conjunto de herramientas son los siguientes:

- Monitorea proactivamente todos los componentes de voz

---

Proporciona información de fallas en tiempo real sobre los componentes IP  
Asiste en la planeación de la capacidad del gateway  
Monitorea la disponibilidad de servicios críticos realizando pruebas para simular las características del sistema telefónico, como conferencia, llamadas punto a punto, registro del teléfono, indicador luminoso de mensaje, etc...

ITEM monitorea los diversos componentes de la red de telefonía IP via SNMP (Simple Network Management Protocol), MIB polling, recepción de traps SNMP, polling http e ICMP, todo esto para coleccionar información de los diferentes componentes. ITEM no requiere la instalación de un agente que colecciona los datos en el CallManager, esto no solamente facilita la resolución de problemas sino también proporciona estabilidad al CallManager; así ITEM correlaciona la información recibida, inteligentemente reporta problemas críticos, e identifica si los eventos severos del mismo dispositivo están relacionados, reduciendo así el número de alertas.

#### 4.3.2.4 QoS y seguridad

##### QoS en el nodo central

Al utilizar las características de QoS que están disponibles en los dispositivos de red aseguran la calidad de la voz en la red convergente.

En una red LAN con un gran ancho de banda (Redes LAN 10/100/1000), el problema de QoS son los pequeños buffers en los switches en vez del ancho de banda o los retardos de transmisión, por ello es importante proteger el tráfico sensitivo al retardo de las limitaciones de los buffers. Las políticas de QoS que refuerzan el desempeño de la red IPT, verifican la clasificación apropiada de los valores de CoS (Class of Service), Tos (Type of Service) y DSCP (Differentiated Services Code Point). Esta clasificación es un proceso que se debe llevar a cabo de extremo a extremo en la red. Los requerimientos de QoS en la LAN en las oficinas remotas son similares en las oficinas remotas. Para oficinas remotas pequeñas, se puede utilizar switches

#### 4.3.2.5 Ingeniería propuesta y diagramas esquemáticos

##### Arquitectura de implementación de IPT (Telefonía IP)

De acuerdo a las necesidades de la empresa descritas en apartados anteriores, la arquitectura de red que se necesita para satisfacerlas, es la de procesamiento de llamadas centralizado con oficinas remotas. Este tipo de arquitectura proporciona servicios telefónicos a la empresa X, a través del nodo central y las oficinas remotas

Los teléfonos IP de las oficinas remotas utilizarán el Call Manager del nodo central para el procesamiento de llamadas en condiciones de operación normal, reemplazando al PBX en esos sitios, la red IP WAN conecta a todos los sitios, y la PSTN se posiciona ahora como una conexión de respaldo entre los sitios en caso de que el enlace WAN falle o no tenga el suficiente ancho de banda para transportar las llamadas.

### Selección de teléfonos IP

De acuerdo al número de usuarios que se indican en la tabla 4.6, se tendrá el mismo número de teléfonos, para este caso el modelo es el 7940G Cisco IP Phone para todas las localidades además de 2 unidades de conferencia 7936 IP Conferencing stations, los cuales se muestran en la figura 4. :

	D.F.	D.F. Local	Monterrey	Guadalajara
Usuarios	250	50	80	100
Teléfonos 7940G	250	50	80	100
Teléfonos 7636	2	2	2	2

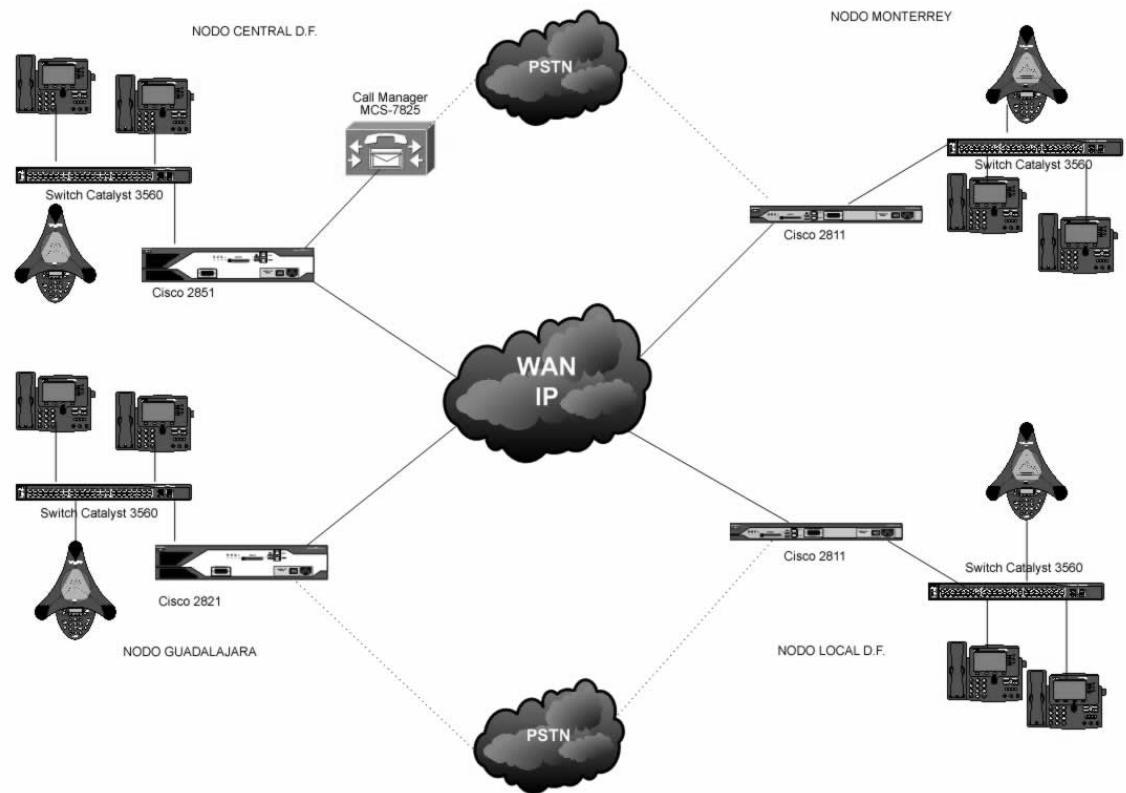
*Tabla 4.6. Selección de teléfonos IP*

Los teléfonos IP serán conectados a switches PoE Cisco Catalyst 3560 (Power over Ethernet) que les proporcionarán la energía suficiente para funcionar.

### Direccionamiento IP y esquema de VLANs.

Después de realizar el listado del esquema de direccionamiento IP hay que tomar en cuenta la implementación de VLANs separadas para datos y voz, además de cuidar de no poner el Call Manager y los servidores de aplicación en una sola VLAN, pues el riesgo de un fallo en la red es mayor. De ser posible, se tiene que diseñar el esquema de direccionamiento IP de manera que se pueda hacer la sumarización de rutas para optimizar el tamaño de las tablas de ruteo.

La solución Cisco Systems propuesta se muestra en la figura 4.7:



*Figura 4.7 Propuesta IPT con equipo Cisco.*

La solución propuesta se compone de un esquema centralizado con oficinas remotas, con esto el nodo central en el D.F. donde reside el Call Manager, llevará a cabo el procesamiento de las llamadas de las oficinas remotas. En cada una de las oficinas se habilitará la facilidad de SRST (Survivable Remote Site Telephony) de manera que si falla el enlace WAN y se pierde la conexión con el nodo central cada uno de los sitios sigue funcionando, y el procesamiento de llamadas se realiza localmente.

También se incluye la parte de la interfaz con el PBX en el nodo central, para que se facilite la migración del sistema más grande. Los switches y routers propuestos, tienen la capacidad de ser configurables para tener el nivel de QoS adecuado.

El equipo propuesto se muestra en la tabla 4.7:

EQUIPO NODO CENTRAL D.F.		
No. PARTE	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
MCS-7825-I1-ECS1	MCS 7825-IBM rack; 1GB RAM; sATA RAID; Win2K	1
CM3.3-7825-H1	SW CallMgr 3.3 For MCS-7825-H1	1
CISCO2851-SRST/K9	2851 Voice Bundle w/ PVDM2-48,FL-SRST-96,SP Serv,64F/256D	1
EVM-HD-8FXS/DID	High density voice/fax extension module - 8 FXS/DID	1
PVDM2-48U64	PVDM2 48-Channel to 64-Channel Factory Upgrade	1
PVDM2-32	32-Channel Packet Voice/Fax DSP Module	1
VVIC-1MFT-T1	1-Port RJ-48 Multiflex Trunk - T1	1
S28NSPSK9-	Cisco 2800 IOS SP SERVICES	1
FL-SRST-240	Feat Lic Survivable Remote Site Telephony up to 240 phones	1
INTERFAZ E1	Tarjeta de interfaz E1 para el PBX de la oficina	1
WS-C3560-48PS-S	CISCO Catalyst 3560 48 10/100 PoE + 4 SFP Standard Image	6
CP-7940G	Cisco IP Phone 7940G, Global	250
7636	IP Phone 7636	2
EQUIPO NODO GUADALAJARA		
CISCO2821-SRST/K9	2821 Voice Bundle w/ PVDM2-32,FL-SRST-48,SP Serv,64F/256D	1
EVM-HD-8FXS/DID	High density voice/fax extension module - 8 FXS/DID	1
VVIC-1MFT-T1	1-Port RJ-48 Multiflex Trunk - T1	1
S28NSPSK9	Cisco 2800 IOS SP SERVICES	1
FL-SRST-144	Feat Lic Survivable Remote Site Telephony up to 144 phones	1
PVDM2-32	32-Channel Packet Voice/Fax DSP Module	1
WS-C3560-48PS-S	CISCO Catalyst 3560 48 10/100 PoE + 4 SFP Standard Image	3
CP-7940G	Cisco IP Phone 7940G, Global	100
7636	IP Phone 7636	2
EQUIPO NODO MONTERREY		
CISCO2821-SRST/K9	2821 Voice Bundle w/ PVDM2-32,FL-SRST-48,SP Serv,64F/256D	1
EVM-HD-8FXS/DID	High density voice/fax extension module - 8 FXS/DID	1
VVIC-1MFT-T1	1-Port RJ-48 Multiflex Trunk - T1	1
S28NSPSK9	Cisco 2800 IOS SP SERVICES	1
FL-SRST-144	Feat Lic Survivable Remote Site Telephony up to 144 phones	1
PVDM2-32	32-Channel Packet Voice/Fax DSP Module	1
WS-C3560-48PS-S	CISCO Catalyst 3560 48 10/100 PoE + 4 SFP Standard Image	2
CP-7940G	Cisco IP Phone 7940G, Global	80
7636	IP Phone 7636	2
EQUIPO NODO LOCAL D.F.		
CISCO2811	2811 w/ AC PWR,2FE,4HWICs,2PVDMs,1NME,2AIMS,IP BASE,64F/256D	1
S28NAISK9-12403	Cisco 2800 ADVANCED IP SERVICES	1
VVIC2-1MFT-T1/E1	1-Port 2nd Gen Multiflex Trunk Voice/WAN Int. Card - T1/E1	1
WS-C3560-48PS-S	CISCO Catalyst 3560 48 10/100 PoE + 4 SFP Standard Image	2
FL-SRST-144	Feat Lic Survivable Remote Site Telephony up to 144 phones	1
CP-7940G	Cisco IP Phone 7940G, Global	50
7636	IP Phone 7636	2

*Tabla 4.7. Equipo Cisco propuesto por nodo.*

## PROSPECTIVA

En este capítulo se verá la situación que se presenta y se prevé en el desarrollo e implementación de la tecnología VoIP en México y en el mundo.

### 5.1 La telefonía actual y el camino hacia una red de telefonía pública sobre IP

Hoy en día, las telecomunicaciones experimentan una evolución, un proceso de cambio intenso y decisivo.

En particular, la telefonía convencional dejará de ser una “red tonta”, y se convertirá en parte de una red única de telecomunicaciones, gracias a que protocolos como IP abren la posibilidad de crear y desarrollar redes convergentes.

Como se ha visto a lo largo de capítulos anteriores, la red telefónica convencional está limitada en muchos aspectos, tanto tecnológicos como regulatorios.

Después de la desregularización de las telecomunicaciones, de la modernización y de las privatizaciones que se iniciaron en todo el mundo desde mediados de los ochenta, las telecomunicaciones alcanzaron un momento de crisis en el año 2000. A pesar de ello dicha crisis de la industria de las telecomunicaciones se debió, en gran medida, a que los modelos regulatorios dieron más importancia al mercado, la apertura, las tarifas y no al servicio universal o a la calidad del servicio.

Entre el 2000 y 2003, esta crisis se caracterizó porque en las empresas del sector <sup>11</sup>:

- Hubo escaso o nulo crecimiento, en comparación con el experimentado en los años noventa.

- Hubo un descenso de las inversiones.
- Se dieron grandes quiebras y fraudes corporativos que afectaron el valor y las ganancias de prácticamente todas las empresas.

A partir del 2004 surge otro factor de crisis, que afecta a las grandes empresas de telecomunicaciones: *la evolución tecnológica*. Es este factor de estancamiento lo que da pauta al desarrollo de tecnologías como VoIP. De hecho, se prevé que durante los siguientes cuatro años, las comunicaciones relacionadas con los protocolos de Internet y los servicios de banda ancha sean dominantes y determinantes.

Esto gracias a que el dominio de los protocolos IP abren la posibilidad de una nueva fase de convergencia. Esto significa que las redes y los protocolos IP son las tecnologías que finalmente han hecho posible la convergencia de todos los servicios de telecomunicaciones en la misma plataforma tecnológica y en las mismas redes.

Por lo que se pronostica que durante los siguientes años las centrales de conmutación y en general, la Red de Telefonía Pública Conmutada desaparecerá progresivamente. Con lo cual, segmentos de negocios como la larga distancia, el servicio medido y otros dejarán de ser rentables e irán disminuyendo progresivamente. El servicio medido también desaparecerá como fuente de ingresos y será sustituido por tarifas planas.

Las empresas de telecomunicaciones competirán por servicios de valor agregado cada vez más complejos y personalizados para sus clientes. Existirá una competencia cada vez más intensa y agresiva entre las empresas, principalmente en el área de telefonía.

La telefonía por Internet tiene dos ventajas importantes sobre una línea convencional; su bajo costo y la cobertura mundial. En ella, al igual que Internet, el costo de la conexión es siempre igual al de una llamada local, eliminando potencialmente altos cargos de larga distancia.

La conclusión de los expertos<sup>8</sup>, es que si una empresa quiere mantener la competitividad en el mercado global, debe cambiar a VoIP. De hecho, se prevé que todas las redes (alrededor del mundo en cinco años) van a ser IP

---

## 5.2 Ventajas de la telefonía corporativa sobre IP

Se dice que para que una empresa sea competitiva en el mercado global debe emigrar a VoIP, entendiendo por competitividad a la capacidad de una organización pública o privada, de mantener sistemáticamente ventajas comparativas que le permitan alcanzar, sostener y mejorar una determinada posición en el entorno socioeconómico <sup>14</sup>.

La competitividad tiene incidencia en la forma de plantear y desarrollar cualquier iniciativa de negocios. La ventaja comparativa de una empresa está en su habilidad, recursos, conocimientos y atributos, de los que dispone, los mismos de los que carecen sus competidores o que éstos tienen en menor medida que hace posible la obtención de rendimientos superiores a los de aquellos.

Por lo que, actualmente se vuelve casi imprescindible que cualquier empresa, ya sea gubernamental, privada, educativa y hasta en los hogares se haga uso de Internet para encontrar información, realizar consultas y trámites gubernamentales, formar redes de datos privadas o *intranets*, tomar cursos a distancia, conversar en *chats*, entre muchas otras acciones de comunicación.

Con el desarrollo de la tecnología de voz sobre IP los recursos se reducen a una sola infraestructura, equipo nativo de datos que provee un servicio de voz. Así, se necesita sólo una red, con la ventaja de mantener una calidad del servicio para ambas aplicaciones.

Mediante una implementación de voz sobre IP el costo es menor, porque la inversión únicamente es de un equipo para la empresa matriz, más los teléfonos necesarios para las sucursales internas y externas; y solamente se contrata para cada región, un servicio de red de banda ancha con IP fijas. La ventaja sobresaliente del equipo es que se pueden mandar líneas IP de la estación matriz a cualquier parte de la república o del mundo.

Aunque es importante recalcar que las llamadas fuera del sistema IP siguen siendo las mismas, es decir, dependen de las políticas del proveedor de servicios, por ejemplo, costo por número de llamadas, o por su duración; también, si el destino es local o de tipo celular, no pueden ser ignoradas porque existe una infraestructura de la red pública con la cual se requiere interaccionar.

Hoy en día compañías como MSN, Wanadoo, AOL y Yahoo han añadido a las funciones de mensajería en línea, un servicio basado en la transmisión por voz, que se ha vuelto una herramienta de comunicación eficiente, sencilla y barata [9]. Por lo que ahora además de



transferir archivos, fotos y música, también se puede transmitir una conversación de voz en forma inmediata.

Comunicación, disponibilidad y seguridad son las necesidades a cubrir de una empresa, éstas quieren garantizar la seguridad de sus comunicaciones, de su información corporativa y de su personal. Requieren servicios de voz, datos y vídeo para mantener comunicados a sus empleados en localidades geográficamente dispersas, incluidos quienes trabajan desde su casa y capacidades de comunicación de emergencia. También precisan de sistemas de respaldo de información ubicados en localidades separadas, de tal forma que sus comunicaciones puedan restablecerse rápidamente. VoIP ofrece esto, lo cual la hace atractiva para las empresas.

Además que hoy en día el desafío de las empresas es ser más competitivas, para lo cual se requiere que las empresas sean *flexibles*, esto es que tengan la capacidad de adaptarse ante cualquier panorama y prever determinados escenarios. Para ello VoIP es la solución.

## 5.3 Panorama Telefonía IP en México

En México, y en general, en América Latina la demanda de llamadas telefónicas por Internet crece a pasos agigantados, lo que ha llevado a las empresas tradicionales como Telmex a reinventarse para seguir en el mercado <sup>9</sup>.

Telmex, como casi todas las telefónicas en general, han desarrollado un plan de evolución. Lo cual va a cambiar el plan de negocios, dado que se tienen planes de migrar sus servicios de telefonía a protocolos de Internet.

Actualmente, Alestra tiene una implementación piloto en 50 casas de Monterrey, con telefonía IP (VoIP), el servicio se ha brindado sin ningún tipo de problemas, lo que ha abierto la posibilidad de activar servicios *triple pay* – datos, voz y video – por la misma vía <sup>10</sup>.

Por su parte, la Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM, ha puesto en práctica la tecnología de VoIP, expandiendo su red telefónica hasta aquellos sitios en donde únicamente era posible que llegaran datos mediante una red como Internet debido, primordialmente, a los altos costos de instalación de equipos PBX.

Con los ejemplos anteriores, se muestra que VoIP en México ya es una realidad, de hecho, si se cuenta con un servicio de Internet de banda ancha (como por ejemplo, Prodigy Infinitud, e-go, Maxcom, conexión por cable), una cuenta de usuario, un nodo de red, una dirección IP, un equipo Cisco ATA 186 con dos puertos, y teléfonos analógicos se puede implementar VoIP en una pequeña o mediana empresa.

En la tabla 5.1 se observan los costos de realizar una llamada VoIP a algunos de los destinos frecuentes:

Destino	Pesos Mexicanos	Destino	Pesos Mexicanos
Argentina, Buenos Aires	\$ 0.460	México, Celular	\$ 0.633
Canadá	\$ 0.460	México, Guadalajara	\$ 0.575
Chile	\$ 0.564	México, Ciudad de Méx	\$ 0.633
Colombia, Bogota	\$ 1.035	México, Monterrey	\$ 0.575
Francia	\$ 0.476	España	\$ 0.495
Alemania	\$ 0.518	Reino Unido	\$ 0.460
Italia	\$ 0.460	Estados Unidos	\$ 0.368
Venezuela, Caracas	\$ 1.265		

*Tabla 5.1 Costos VoIP Destinos frecuentes desde México<sup>15</sup>*

Se puede apreciar, por lo tanto, que los proveedores de los servicios de VoIP serán muy solicitados tanto a nivel empresarial como personal, no sólo en México, sino en el mundo. VoIP es una opción tecnológica que no se puede dejar atrás en el desarrollo de nuestro país.

## CONCLUSIONES

A lo largo de este trabajo de tesis se vieron desde las bases de la tecnología de VoIP (Voz sobre IP), hasta su implementación final como una solución conjunta en el concepto de Telefonía IP.

Con esto, podemos decir que las siguientes conclusiones pueden dar una prospectiva general del futuro de ambos conceptos en nuestro país, he aquí las mismas:

- Gracias al ejemplo demostrativo planteado en esta tesis pudimos mostrar las diferentes opciones que se tienen para resolver el problema de comunicación de la empresa; y con ello demostrar que la opción más conveniente es utilizar la tecnología de VoIP (Voz sobre IP) para implementar una solución de Telefonía IP.
- Es común en la mayoría de las empresas que éstas cuenten con un problema similar al que se muestra en esta tesis, más aún cuando son empresas en busca de la actualización tecnológica, y con necesidades de crecimiento constantes. El ambiente TDM está más que visto que no es el ideal para satisfacer dichas necesidades, tal vez puede satisfacerlas en un principio pero con los constantes cambios tecnológicos y resultar insuficiente a la larga. A pesar de ello, si hablamos de empresas que fueron creadas hace un poco más de 10 años, ésta era la tecnología disponible más confiable, pues a pesar de que VoIP no tiene ni más de 10 años de estar disponible en el mercado, solo ciertos corporativos apostaban por esta tecnología como una solución confiable. Esto puede explicar en gran medida que una gran parte de los fabricantes de equipos basados en VoIP, apueste por crear sistemas PBX habilitados para IP, pues tienen que adaptarse al equipo TDM con el que se cuenta para que las empresas decidan hacer la inversión y no cambiar drásticamente aun equipo netamente de VoIP como un servidor de administrador de llamadas.
- En la primera solución, en la que se utilizan interfaces analógicas E&M, se aprecia aún más las desventajas que se pudren tener al estar limitados en cuanto a ranuras físicas disponibles en el PBX, llamadas simultáneas y facilidades que el sistema telefónico pueda proporcionar.
- En la segunda solución propuesta, donde se utiliza VoIP como el medio de transporte de voz en la red corporativa, se visualiza la opción de utilizar protocolos estándar (como

OSIG o un protocolo propietario) para la interconexión de PBX de distintos fabricantes, por medio de interfaces digitales. El inconveniente aquí reside en la limitación de los PBX que al ser de distintos fabricantes pueden entregar o no ciertas facilidades, además de que se continúa teniendo a nivel estructural costos adicionales, como cableado para datos y para voz, y tarjetas de interfaz de cada uno de los PBX. Aún así, con esta opción se tiene la ventaja de que el tráfico de voz de las oficinas pasa sobre la misma WAN, y puede en caso de que se seleccione el equipamiento adecuado, dejar listo el escenario para la implementación de Telefonía IP a futuro.

- Y finalmente se plantea la opción de implementar la solución completa de Telefonía IP. Para efectos de este trabajo la solución propuesta consta de dos opciones con distintos fabricantes, tal vez los más grandes en el rubro tanto de voz y datos, en donde se muestra que las capacidades de un sistema de Telefonía IP pueden ser sobrepasados cada vez que se introducen dentro de la misma solución más y más facilidades. Esta solución satisface al cien por ciento todas las necesidades planteadas por la empresa, en cuanto a crecimiento, conectividad y comunicación, a la par de que se cuenta con tecnología de vanguardia. La convergencia de la red de voz y datos de la empresa facilita la explotación de todas las facilidades que este sistema telefónico puede brindar, además de la reducción de costos, ya sea en las llamadas entre oficinas, la inversión en equipo y cableado.
- La decisión de la implementación de una solución de Telefonía IP a nivel corporativo debe basarse tanto en las innovaciones tecnológicas que puede brindar, así como en los costos de implementación y el retorno de inversión de la misma. Esto es porque el concepto de Telefonía IP se presenta como la tendencia a seguir en los próximos años, y en la actualidad la mayoría de las empresas cuentan con los PBXs de primera adquisición; el decidir migrar a Telefonía IP presenta una inversión que puede ser mucho mayor a la que se hizo en telefonía en primera instancia. Si dicha inversión cubre las necesidades actuales de la empresa en cuanto a facilidades y crecimiento, deberá también justificarse con el hecho de que se tiene la oportunidad de tener en una sola entidad las redes de voz y datos de la empresa; lo cual permite entre otras cosas tener una administración generalizada y reducción de costos a nivel infraestructura (cableado, equipo).

Así, este trabajo de tesis cumple con el cometido de proporcionar las bases de la tecnología VoIP (Voz sobre IP), y el diseño de la solución a las necesidades de una empresa, que como muchas hoy en día están en busca de aquél sistema que les signifique una buena inversión, les garantice una comunicación eficiente y que sea flexible al ajustarse a las diferentes necesidades que se presenten en el futuro. Hoy en día, las empresas en México cuentan con diferentes opciones para implementar la Telefonía IP, desde la renta de dichos servicios, hasta la adquisición de toda la infraestructura en su totalidad o por partes, sea cual sea la opción; es un paso inevitable hacia los avances tecnológicos y los múltiples beneficios que éstos pueden ofrecer.

# APÉNDICES



## A. Lista de Tablas

### Capítulo 1

- 1.1 Codecs usados para tráfico de voz
- 1.2 Cálculo del ancho de banda para diferentes estándares de compresión

### Capítulo 2

- 2.1 H.323 V2
- 2.2 Funciones Gatekeeper en H.323
- 2.3 Nueva Generación de Redes (NGN)

### Capítulo 3

- 3.1 Cálculo del ancho de banda para diferentes estándares de compresión
- 3.2 Funcionamiento de los CODECs de voz con base en los estándares de compresión
- 3.3 Impacto de la capa de enlace en el encabezado
- 3.4 Requerimientos de ancho de banda
- 3.5 Evaluación de una conversación de voz, MOS
- 3.6 Calificación MOS de los CODEC ITU-T

### Capítulo 4

- 4.1 Número de usuarios
- 4.2 Equipo por nodo
- 4.3 Equipo propuesto para cada oficina
- 4.4 Equipo Nortel propuesto para cada oficina
- 4.5 Máximo número de dispositivos por plataforma de servidor

- 4.6 Selección de teléfonos IP
- 4.7 Equipo Cisco propuesto por nodo

## Capítulo 5

- 5.1 Costos VoIP destinos frecuentes desde México



## B. Lista de Figuras

## Capítulo I

- 1.1 Pasos de operación básicos de PCM
- 1.2 Jerarquía de los switches en una red de conmutación de circuitos
- 1.3 Conmutación de circuitos
- 1.4 Conmutación de paquetes
- 1.5 Diferentes redes físicas usando el protocolo IP, conectada cada una a su administrador de Internet
- 1.6 Interior conceptual de un PBX, incluyendo gabinetes, tarjetas de extensiones, tarjetas de troncales y CPUs.
- 1.7 Conmutación de voz en una red corporativa

## Capítulo 2

- 2.1 Evolución de redes telefónicas
- 2.2 Ejemplo de una red con conexión de centrales a routers CISCO que disponen de soporte VoIP
- 2.3 Elementos de una red VoIP
- 2.4 Conectividad del teléfono IP en la red
- 2.5 Opciones de conectividad para gateways de telefonía IP
- 2.6 Gateways analógicos y digitales integrados dentro de la infraestructura IP
- 2.7 Gateways

- 
- 2.8 Representación gráfica simplificada de lo que actualmente está pasando
  - 2.9 Datagrama RTP
  - 2.10 Normas adicionales incluidas en H.323
  - 2.11 Pila de protocolos en VoIP
  - 2.12 Protocolos H.323
  - 2.13 Switch Virtual Controlador (VSC)
  - 2.14 Elementos de una red H.323
  - 2.15 Relación de los componentes H.323
  - 2.16 Elementos de un Gateway H.323
  - 2.17 Conferencia Multicast y Unicast
  - 2.18 Pila de protocolos de SIP
  - 2.19 Operación de inicio de llamada en SIP

## Capítulo 3

- 3.1 Ancho de banda
- 3.2 Conexión de referencia del modelo E
- 3.3 Valor R contra valor MOS
- 3.4 Variación en el tiempo de arribo de los paquetes (jitter)
- 3.5 Pérdida de paquetes con G.729
- 3.6 Pérdida de paquetes
- 3.7 Detección de la actividad de voz
- 3.8 Jerarquía de Conmutación Tandem
- 3.9 Codificación Tandem VoIP
- 3.10 VoIP sin codificación Tandem
- 3.11 Encabezado RTP

## Capítulo 4

- 4.1 Diagrama conceptual de la infraestructura de telecomunicaciones de la empresa X
- 4.2 Propuesta interfaz analógica (E&M)
- 4.3 Interfaz analógica E&M
- 4.4 Propuesta VoIP
- 4.5 Propuesta IPT
- 4.6 Propuesta IPT
- 4.7 Propuesta IPT con equipo Cisco



## C. Glosario

### A

#### **Access Gateway (Gateway de acceso)**

Un gateway (pasarela) es un elemento de la red que actúa como punto de entrada a otra red. Un access gateway es un gateway entre la red telefónica y otras redes como Internet.

#### **ADPCM (Adaptive Digital Pulse Code Modulation)**

Forma de codificar el sonido de forma que ocupe menos espacio.

#### **ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line)**

Método para aumentar la velocidad de transmisión en un cable de cobre. ADSL facilita la división de capacidad en un canal con velocidad más alta para el suscriptor, típicamente para transmisión de vídeo, y un canal con velocidad significativamente más baja en la otra dirección.

#### **API (Application Programming Interface)**

API especifica el formato de los mensajes y el lenguaje utilizado por un programa para comunicarse con el sistema operativo o con otro programa.

#### **ASP (Application Service Provider)**

Compañía que proporciona acceso remoto a aplicaciones, normalmente sobre Internet. Son útiles cuando una organización encuentra más rentable que otro se encargue de instalar, implementar y mantener las aplicaciones que utiliza. Las aplicaciones pueden ser tan sencillas como el acceso a un servidor de ficheros, o tan complejas como el acceso a través de navegador a un sistema de apoyo a las decisiones empresariales. La mayoría de los ASPs proporcionan los servidores, el acceso a la red y las aplicaciones en forma de suscripción mensual o anual.

#### **ATM (Asynchronous Transfer Mode)**

ATM es una tecnología de conmutación de red que utiliza celdas de 53 bytes, útil tanto para LAN como para WAN, que soporta voz, vídeo y datos en tiempo real y sobre la misma infraestructura. Utiliza conmutadores que permiten establecer un circuito lógico entre terminales, fácilmente escalable en ancho de banda y garantiza una cierta calidad de servicio (QoS) para la transmisión. Sin embargo, a diferencia de los conmutadores telefónicos, que dedican un circuito dedicado entre



---

terminales, el ancho de banda no utilizado en los circuitos lógicos ATM se puede aprovechar para otros usos.

## B

### BCP (Broadband Communications Provider)

Un nuevo tipo de compañías de telecomunicaciones que combinan lo mejor de los tres proveedores tradicionales de voz y datos:

- CLECs: Competitive Local Exchange Carriers.
- ICPs: Integrated Communications Providers.
- ISPs: Internet Service Providers.

Para implementar servicios multimedia sobre redes de banda ancha.

### Broadband

Servicios en red de datos, audio y vídeo de alta velocidad que son digitales, interactivos y basados en paquetes. El ancho de banda es 384 Kb o mayor, que es el mínimo ancho de banda requerido para transmitir vídeo digital de calidad.

## C

### Codec

Algoritmos de Compresión/Descompresión. Se utilizan para reducir el tamaño de los datos multimedia, tanto audio como vídeo. Compactan (codifican) un flujo de datos multimedia cuando se envía y lo restituyen (decodifican) cuando se recibe.

Si alguna vez se recibe un fichero o una llamada telefónica y no se puede escuchar nada, lo más probable es que la aplicación que se utiliza no soporte el codec con el que se han codificado los datos.

Entre los codec de audio más extendidos se encuentran: GSM (Global Standard for Mobile Communications), ADPCM, PCM, DSP TrueSpeech, CCITT y Lernout & Hauspie. Y entre los codec de vídeo: Cinepak, Indeo, Video 1 y RLE.

## D

### DNIS (Dialed Number Identification Service)

Un servicio telefónico que permite al llamado saber el número marcado por el llamante. Es una prestación habitual en los números gratuitos (800 y 900), y permite identificar el número originalmente marcado cuando varios números 900 acaban en un mismo circuito. Funcionan pasando el número marcado al dispositivo destino de la llamada, que puede actuar en función de ese dato a la hora de enrutar, encolar o tratar la llamada en general. Un uso típico consiste en dar un tratamiento diferenciado a los usuarios llamantes en campañas de marketing o simplemente en las llamadas a un centro de llamadas (Call Center).

### DSL (Digital Subscriber Line)

Tecnología que permite a un proveedor usar el exceso de ancho de banda de sus líneas de pares de cobre para proporcionar servicios de datos. En principio se pensó como una tecnología de transición hasta que estuvieran disponibles las infraestructuras de fibra óptica, pero ha llegado a convertirse en una industria en si misma. xDSL se utiliza para describir distintas variantes del DSL general.

### DSP (Digital Signal Processor)

Un microprocesador digital especializado que realiza cálculos o digitaliza señales originalmente analógicas. Su gran ventaja es que son programables. Entre sus principales usos está la compresión de señales de voz. Son la pieza clave de los codec.

### DTMF (Dual-Tone Multifrequency)

Una forma de señalización consistente en uno o varios botones, o un teclado numérico completo como en el caso de los teléfonos, que envía un sonido formado por dos tonos discretos, sonido que es recogido e interpretado por los sistemas telefónicos (centrales, centralitas o conmutadores).

## E

### E1

Conexión por medio de la línea telefónica que puede transportar datos con una velocidad de hasta 1,920 Mbps. Según el estándar europeo (ITU), un E1 está formado por 30 canales de datos de 64 kbps más 2 canales de señalización. E1 es la versión europea de T1 (DS-1). Velocidades disponibles:

---

E1: 30 canales, 2,048 Mbps  
E2: 120 canales, 8,448 Mbps  
E3: 480 canales, 34,368 Mbps  
E4: 1920 canales, 139,264 Mbps  
E5: 7680 canales, 565,148 Mbps

### ETSI (European Telecommunications Standards Institute)

Organismo europeo de estandarización para telecomunicaciones.

## F

### Frame Relay

Es un protocolo estándar para interconectar LANs. Proporciona un método rápido y eficiente para transmitir información desde dispositivos de usuario a bridges y routers. Se utiliza el ancho de banda disponible sólo cuando se necesita. Para transmitir la información se divide en paquetes, este método de transmisión resulta eficiente al transmitir comunicaciones de voz, con un adecuado control de la red.

## G

### Gatekeeper

Un componente del estándar ITU H.323. Es la unidad central de control que gestiona las prestaciones en una red de Voz o Fax sobre IP, o de aplicaciones multimedia y de videoconferencia. Los Gatekeepers proporcionan la inteligencia de red, incluyendo servicios de resolución de direcciones, autorización, autenticación, registro de los detalles de las llamadas para tarificar y comunicación con el sistema de gestión de la red. También monitorizan la red para permitir su gestión en tiempo real, el balanceo de carga y el control del ancho de banda utilizado. Elemento básico a considerar a la hora de introducir servicios suplementarios.

### Gateway

En general se trata de una pasarela entre dos redes. Técnicamente se trata de un dispositivo repetidor electrónico que intercepta y adecua señales eléctricas de una red a otra. En Telefonía IP se entiende que estamos hablando de un dispositivo que actúa de pasarela entre la red telefónica y una red IP. Es capaz de convertir las llamadas de voz y fax, en tiempo real, en paquetes IP con destino a una red IP, por ejemplo Internet.

---

Originalmente sólo trataban llamadas de voz, realizando la compresión/descompresión, paquetización, enrutado de la llamada y el control de la señalización. Hoy en día, muchos son capaces de manejar fax e incluir interfaces con controladores externos, como gatekeepers, soft-switches o sistemas de facturación.

## H

### H.110

Una especificación de bus TDM o una capa física de la telefonía por ordenador, utilizada para conectar recursos a nivel de tarjeta dentro de un chasis CompactPCI.

Por ejemplo, un bus H.110 se puede utilizar para llevar canales entre una tarjeta de interfaz T-1/E-1 y otra tarjeta con DSPs. El bus H.110 soporta hasta 4.096 canales simultáneos.

### H.323

H.323 es la recomendación global (incluye referencias a otros estándares, como H.225 y H.245) de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU) que fija los estándares para las comunicaciones multimedia sobre redes basadas en paquetes que no proporcionan una Calidad de Servicio (QoS, Quality of Service) garantizada.

Define las diferentes entidades que hacen posible estas comunicaciones multimedia: endpoints, gateways, unidades de conferencia multipunto (MCU) y gatekeepers, así como sus interacciones.

## I

### IETF (Internet Engineering Task Force)

Se reúne tres veces al año para fijar estándares técnicos sobre temas relacionados con Internet.

### IP (Internet Protocol)

La parte IP del protocolo de comunicaciones TCP/IP. Implementa el nivel de red (capa 3 de la pila de protocolos OSI), que contiene una dirección de red y se utiliza para enrutar un paquete hacia otra red o subred. IP acepta paquetes de la capa 4 de transporte (TCP o UDP), añade su propia cabecera y envía un datagrama a la capa 2 (enlace). Puede fragmentar el paquete para acomodarse a la máxima unidad de transmisión (MTU, Maximum Transmission Unit) de la red.

*Dirección IP:* un número único de 32 bits para una máquina TCP/IP concreta en Internet, escrita normalmente en decimal (por ejemplo, 128.122.40.227).

---

### **IP PBX (IP Private Branch eXchange)**

Centralita IP. Dispositivo de red IP que se encarga de conmutar tráfico telefónico de VoIP.

### **IP Telephony (Telefonía IP)**

Tecnología para la transmisión de llamadas telefónicas ordinarias sobre Internet u otras redes de paquetes utilizando un PC, gateways y teléfonos estándar.

En general, servicios de comunicación - voz, fax, aplicaciones de mensajes de voz - que son transportados vía redes IP, Internet normalmente, en lugar de ser transportados vía la red telefónica convencional. Los pasos básicos que tienen lugar en una llamada a través de Internet son: conversión de la señal de voz analógica a formato digital y compresión de la señal a protocolo de Internet (IP) para su transmisión. En recepción se realiza el proceso inverso para poder recuperar de nuevo la señal de voz analógica.

### **ISDN (Integrated Services Digital Network o RDSI, Red Digital de Servicios Integrados)**

Red telefónica pensada para mejorar los servicios de telecomunicaciones a nivel mundial. Proporciona un estándar aceptado internacionalmente para voz, datos y señalización. Todas las transmisiones son digitales extremo a extremo, utiliza señalización fuera de banda, y proporciona más ancho de banda que la red telefónica tradicional.

### **ITU-T (International Telecommunications Union – Telecommunication)**

Antes conocida como CCITT (Comite Consultatif Internationale de Telegraphie et Telephonie). Agencia de la Organización de las Naciones Unidas que trata lo referente a telecomunicaciones: crea estándares, reparte frecuencias para varios servicios, etc.

El grupo ITU-T recomienda estándares para telecomunicaciones y está en Génova (Suiza). También se encarga de elaborar recomendaciones sobre codecs (compresión/descompresión de audio) y modems.

## **L**

### **LAN (Local Area Network)**

Red de área local. Una red pequeña de datos que cubre un área limitada, como el interior de un edificio o un grupo reducido de edificios.

### **LEC (Local Exchange Carrier)**

Compañía que proporciona servicios telefónicos a nivel local.

# M

## Media Gateway

Denominación genérica para referirse a varios productos agrupados bajo el protocolo MGCP (Media Gateway Control Protocol). La principal misión de un Media Gateway es la conversión IP/TDM bajo el control de un Softswitch.

## Media Server

Dispositivo que procesa aplicaciones multimedia como distribución de llamadas, fax bajo demanda y programas de respuesta a emails automática. Facilitan el mantenimiento y la administración, ofrecen menores costes y aportan mayor flexibilidad a la hora de desarrollar nuevas aplicaciones.

## MEGACO (Media Gateway Control)

MEGACO es un protocolo de VoIP, combinación de los protocolos MGCP e IPDC. Es más sencillo que H.323.

## MGCP (Media Gateway Controller Protocol)

MGCP es un protocolo de control de dispositivos, donde un gateway esclavo (MG, Media Gateway) es controlado por un maestro (MGC, Media Gateway Controller).

## MODEM (MODulator – DEModulator)

Este término proviene de las palabras Modulador - Demodulador. Equipo que convierte señales digitales en analógicas y viceversa. Los modems se utilizan para enviar datos digitales a través de la red telefónica (PSTN), que normalmente es analógica. Un módem realiza una modulación del mensaje digital, convirtiéndolo en tonos que pueden ser enviados a través de la red telefónica. Al otro extremo, el demodulador del módem vuelve a convertir los tonos en una secuencia binaria (mensaje digital).

## Multi-Service Access Switch

Punto de acceso de los usuarios a redes de banda ancha.

## Multi-Service Router

Un tipo de router que examina las llamadas en la red telefónica antes de que sean enviadas a un destino concreto. Se basa en un enlace especial de señalización que llega de la centralita y permite que un sistema de pre-enrutamiento reciba dicha señalización, examine el estado actual del call center y le devuelva una notificación a la centralita para que ésta envíe la llamada al destino elegido. La ventaja es que la llamada es enrutada o desviada antes de aceptarla.

---

También es posible realizar un post-enrutamiento cuando no es posible tomar la decisión sobre el destino final de la llamada hasta que ésta alcance un destino concreto.

## N

### NAT (Network Address Translation)

Un estándar definido en la RFC 1631 que permite a una red de área local (LAN) utilizar un conjunto de direcciones IP internamente y un segundo conjunto de direcciones externamente. El dispositivo que hace NAT se sitúa en el punto de salida a Internet y realiza todas las traducciones de direcciones IP que sean necesarias.

NAT tiene básicamente tres propósitos:

- 1.-Proporcionar funcionalidad de firewall al ocultar las direcciones IP internas.
- 2.-Permitir a una compañía utilizar todas las direcciones IP internas que desee sin posibilidad de conflicto con otras compañías y un conjunto limitado de direcciones externas.
- 3.-Combinar varios tipos de conexiones (normalmente RDSI) en una única conexión a Internet.

NAT se incluye normalmente en los routers y en algunos firewalls.

## P

### PBX (Private Branch eXchange)

Centralita, central privada. Un sistema telefónico utilizado en compañías y organizaciones, privado por tanto, para manejar llamadas externas e internas. La ventaja es que la compañía no necesita una línea telefónica para cada uno de sus teléfonos. Además las llamadas internas no salen al exterior y por tanto no son facturadas.

### PCM (Pulse Code Modulation)

Convierte una señal analógica (sonido, voz normalmente) en digital para que pueda ser procesada por un dispositivo digital, normalmente un ordenador. Si, como ocurre en Telefonía IP, nos interesa comprimir el resultado para transmitirlo ocupando el menor ancho de banda posible, necesitaremos usar además un codec.

### PPP (Point-to-Point Protocol)

Protocolo punto a punto. Es el estándar utilizado en comunicaciones serie en Internet. Más moderno y mejor que SLIP, PPP define cómo intercambian paquetes de datos los modems con otros sistemas en Internet.

## R

### Router

Un dispositivo físico, o a veces un programa corriendo en un ordenador, que reenvía paquetes de datos de una red LAN o WAN a otra. Basados en tablas o protocolos de enrutamiento, leen la dirección de red destino de cada paquete que les llega y deciden enviarlo por la ruta más adecuada (en base a la carga de tráfico, coste, velocidad u otros factores).

Los routers trabajan en el nivel 3 de la pila de protocolos, mientras los bridges y conmutadores lo hacen en el nivel 2.

### RTP (Routing Table Protocol)

Protocolo telefónico que hace uso de una lista de instrucciones o tabla que le indica cómo manejar llamadas telefónicas entrantes.

### RTP (Real-Time Transport Protocol)

El protocolo estándar en Internet para el transporte de datos en tiempo real, incluyendo audio y vídeo. Se utiliza prácticamente en todas las arquitecturas que hacen uso de VoIP, videoconferencia, multimedia bajo demanda y otras aplicaciones similares. Se trata de un protocolo ligero que soporta identificación del contenido, reconstrucción temporal de los datos enviados y también detecta la pérdida de paquetes de datos.

## S

### SGCP (Simple Gateway Control Protocol)

SGCP es un protocolo utilizado con SGCI para controlar Gateways VoIP desde elementos de control de llamada externos.

### SIP (Session Initiation Protocol)

SIP es un protocolo de señalización para conferencia, telefonía, presencia, notificación de eventos y mensajería instantánea a través de Internet.

Un estándar de la IETF (Internet Engineering Task Force) definido en la RFC 2543. SIP se utiliza para iniciar, manejar y terminar sesiones interactivas entre uno o más usuarios en Internet. Inspirado en los protocolos HTTP (web) y SMTP (email), proporciona escalabilidad, flexibilidad y facilita la creación de nuevos servicios.



---

Cada vez se utiliza más en VoIP, gateways, teléfonos IP, softswitches, aunque también se utiliza en aplicaciones de vídeo, notificación de eventos, mensajería instantánea, juegos interactivos, chat, etc.

### Softswitch

Término genérico para cualquier software pensado para actuar de pasarela entre la red telefónica y algún protocolo de VoIP, separando las funciones de control de una llamada del media gateway.

### SS7 (Common Channel Signaling System N° 7)

SS7 es un estándar global para telecomunicaciones definido por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (Sector de Estandarización de Telecomunicaciones). Define los procedimientos y protocolos mediante los cuales los elementos de la Red Telefónica Conmutada (RTC o PSTN, Public Switched Telephone Network) intercambian información sobre una red de señalización digital para establecer, enrutar, facturar y controlar llamadas, tanto a terminales fijos como móviles.

## T

### T1

Un circuito digital punto a punto dedicado a 1,544 Mbps proporcionado por las compañías telefónicas en Norteamérica. Permite la transmisión de voz y datos y en muchos casos se utilizan para proporcionar conexiones a Internet.

T1 (DS1): 24 canales, 1,544 Mbps  
T2 (DS2): 96 canales, 6,312 Mbps  
T3 (DS3): 672 canales, 44,736 Mbps  
T4 (DS4): 4032 canales, 274,176 Mbps

### TCP (Transmission Control Protocol)

Protocolo de comunicación que permite comunicarse a los ordenadores a través de Internet. Asegura que un mensaje es enviado completo y de forma fiable. Se trata de un protocolo orientado a conexión.

## U

### URL (Uniform Resource Locator)

Es el formato fijo utilizado para especificar y obtener documentos y otros recursos disponibles en Internet. Por ejemplo, una URL puede ser: `http://www.sitio.com`. Si la desglosamos vemos que consta del protocolo `http` (hyper-text transfer protocol), `www` (world-wide web), `sitio` (nombre del dominio), `com` (company). Las URLs también se utilizan para indicar otros protocolos, como `ftp`, `news`, `WAIS`, etc.

## V

### VoATM (Voice Over ATM)

La voz sobre ATM permite a un enrutador transportar el tráfico de voz (por ejemplo llamadas telefónicas y fax) sobre una red ATM. Cuando se envía el tráfico de voz sobre ATM éste es encapsulado utilizando un método especial para voz multiplexada AAL5.

### VoFR (Voice Over Frame Relay)

Permite a un enrutador transportar el tráfico de voz (por ejemplo llamadas telefónicas y fax) sobre una red de Frame Relay. Cuando se envía el tráfico de voz sobre Frame Relay el tráfico de voz es segmentado y encapsulado para su tránsito a través de la red Frame Relay utilizando FRF.12 como método de encapsulamiento.

### VoIP (Voice Over IP)

Tecnología que permite la transmisión de la voz a través de redes IP, Internet normalmente. La Telefonía IP es una aplicación inmediata de esta tecnología.

## W

### WAN (Wide Area Network)

Una red de comunicaciones utilizada para conectar ordenadores y otros dispositivos a gran escala. Las conexiones pueden ser privadas o públicas.

# REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA

- [1] *El estándar VoIP – Voz sobre IP*, Unitronics Comunicaciones, S.A., 1998  
<http://voip.brujula.net/tutoriales/elestandardvoip.html>
- [2] *0365 Voice over Internet Protocol Technologies, Student Guide*, Nortel Networks, Issue 2.0 January 6, 2003
- [3] DAVIDSON, Jonathan & PETERS James, *Voice over IP Fundamentals*, Cisco Press, 2005
- [4] *El protocolo de Internet IP*,  
[http://eia.udg.es/~atm/tcp-ip/tema\\_4\\_5.htm](http://eia.udg.es/~atm/tcp-ip/tema_4_5.htm)
- [5] *Descripción técnica detallada sobre Voz sobre IP*, YMDG  
<http://www.monografias.com/trabajos11/descripip/descripip.shtml>
- [6] *Revista ForumVoIP*, Año 1, No.1, Octubre 2005
- [7] RIVERA RODRÍGUEZ, Raúl, *Consideraciones en la implementación de servicios de voz y video IP*, Dirección de Telemática CICESE  
[http://www.cudi.edu.mx/primavera\\_2005/presentaciones/raul\\_rivera.pdf](http://www.cudi.edu.mx/primavera_2005/presentaciones/raul_rivera.pdf)
- [8] Periódico *El Universal*, Secc. Finanzas/Innovación, Martes 21 de marzo de 2006
- [9] *Enter@te*, UNAM, Año 5, No. 47, Marzo 2006
- [10] Revista *Política Digital*, ISSN 1665-1669 Año 5, No. 29, Abril – Mayo 2006
- [11] *Tele-Semana*, Boletín semanal de Telecomunicaciones Volumen 10, Número 123, Febrero 2006
- [12] RÍOS, Javier & GARCÍA, Moraima, *SoftSwitch*  
<http://www.monografias.com/trabajos14/softswitch/softswitch.shtml>
- [13] *ITU G.107 The E-Model, a computational model for use in transmission planning*  
<http://www.itu.int/itudoc/itu-t/rec/g/g100-699/g107.html>
- [14] PELAYO, Carmen María, *La Competitividad*  
<http://www.monografias.com/trabajos/competitividad/competitividad.shtml>
- [15] *VoIP – Servicios y Productos de Voz sobre IP en México*, Tsares Technologies  
[http://www.tsares.net/VoIP/VoIP\\_Mexico.htm](http://www.tsares.net/VoIP/VoIP_Mexico.htm)

- 
- [16] BROWN Kevin, *IP Telephony unveiled*, Cisco Press 2004
  - [17] *Understanding and Troubleshooting Analog E&M Interface types and wiring arrangements*, Cisco Systems, Document ID 8111
  - [18] KAZA Ramesh & ASADULLAH Salman, *Cisco IP Telephony: Planning, Design, Implementation, Operation and Optimization*. Cisco Press 2005
  - [19] *Branch Office*. Nortel Networks CS1000.
  - [20] *Communication Server 1000S: Planning and Engineering*. Nortel Networks CS1000.
  - [21] *Data Networking for VoIP*. Nortel Networks CS1000.
  - [22] *Signaling Server*. Nortel Networks CS1000.